

COMMUNAUTE DE COMMUNES LE GRESIVAUDAN

DIAGNOSTIC ENERGIES RENOUVELABLES DU TERRITOIRE

2021



PLAN CLIMAT AIR ÉNERGIE Du GRÉSIVAUDAN

Date : 28/05/2024

Version définitive

Version provisoire, document non
arrêté

Document pour la concertation
préalable



Table des matières

SYNTHESE	4
PARTIE 1 : ANALYSE DE LA PRODUCTION ENR SUR LE TERRITOIRE	5
1. METHODOLOGIE UTILISEE	6
2. SYNTHESE DES PRODUCTIONS D'ENERGIES RENOUVELABLES	8
2.1. Production globale - 2018	8
2.2. Production globale hors centrales hydro > à 4,5 MW	9
2.3. Répartition des productions électriques et thermiques	10
2.4. Evolution de la production EnR depuis 2011 (hors hydro élec >4,5 MW)	13
2.5. Comparaison des données du schéma de développement des ENR et de l'ORCAE	15
3. DETAIL PAR ENERGIE	18
3.1. L'hydroélectricité	18
3.2. La biomasse solide	21
3.3. Les Pompes à Chaleur (aérothermie)	24
3.4. La géothermie	26
3.5. Le photovoltaïque	29
3.6. Le solaire thermique	32
3.7. Les déchets	34
3.8. La méthanisation	35
3.9. L'éolien	37
3.10. Autres énergies	38
PARTIE 2 : PROJETS EN COURS ET PREVUS	39
PARTIE 3 : POTENTIELS DE DEVELOPPEMENT THEORIQUES	42
1. CADRAGE	43
1.1. Méthodologie utilisée	43
1.2. Actualisation des potentiels depuis 2016	43
1.3. Actualisation des potentiels par la concertation.....	44
2. EN SYNTHESE	45
2.1. Récapitulatif des potentiels.....	45
2.2. Pistes pour la stratégie.....	46
3. HYDROELECTRICITE	47
3.1. Optimisation de l'existant	47
3.2. Création de nouveaux ouvrages.....	47
3.3. Projets de turbinage de l'eau potable et des eaux usées	49
3.4. Récapitulatif hydroélectricité.....	54
4. LA BIOMASSE	55
4.1. La biomasse combustible	55
4.2. Méthanisation/ biogaz	60

5.	LA GEOTHERMIE	61
5.1.	Le potentiel géothermique.....	61
5.2.	Les contraintes	62
5.3.	La géothermie sur sondes verticales	63
5.4.	La géothermie sur nappe	64
5.5.	Synthèse géothermie	65
6.	LE SOLAIRE.....	66
6.1.	La ressource solaire sur le territoire.....	66
6.2.	Les contraintes	67
6.3.	Le solaire thermique	68
6.4.	Le photovoltaïque	71
7.	LA CHALEUR FATALE	74
7.1.	Valorisation externe de la chaleur fatale	74
7.2.	Valorisation interne de la chaleur fatale	74
8.	L'ÉOLIEN	75
9.	AUTRES POTENTIELS	76
9.1.	La récupération de chaleur sur eaux usées et air vicié	76
9.2.	La valorisation des déchets	76
9.3.	L'aérothermie.....	76
10.	CONCLUSION.....	77
10.1.	Récapitulatif des potentiels.....	77

SYNTHESE

La CC Le Grésivaudan n'est actuellement pas sur une trajectoire permettant de respecter ses ambitions TEPOS avec une diminution des consommations d'énergie trop faible, et une production d'énergie renouvelable en deçà des objectifs.

En 2018, **l'énergie renouvelable produite à l'échelle territoriale**, en excluant les productions des très grosses centrales hydroélectriques, **permet de couvrir 15 % de l'ensemble des besoins des secteurs d'activités. Les énergies les plus développées sont l'hydro-électricité (46 %) et la biomasse solide (38%).**

De nouveaux projets sont également en cours de réalisation et viendront prochainement augmenter la production du territoire.

Afin d'atteindre l'objectif de devenir un territoire à énergie positive (TEPOS), il faut continuer à développer les énergies renouvelables pour produire une énergie suffisante, voire supérieure aux besoins énergétiques de la communauté de communes Le Grésivaudan. C'est pourquoi il est intéressant de connaître le potentiel de développement des différentes énergies.

Le schéma de développement des ENR réalisé en 2016 avait pour but de donner un panorama des possibilités de développement des énergies renouvelables sur le territoire, afin d'orienter les réflexions sur les énergies à prioriser. Sa reprise, et l'actualisation des projets mis en œuvre depuis lors, permet d'identifier les productions actuelles, de se positionner par rapport à l'objectif TEPOS, et d'identifier les énergies les plus propices à être développées sur le territoire :

- La géothermie ;
- Le solaire photovoltaïque ;
- Le bois énergie.

Il sera donc intéressant dans la stratégie et le plan d'action du PCAET de porter une attention particulière au développement de ces énergies, par exemple en proposant ou poursuivant des dispositifs ciblés d'accompagnement ou de soutien financier.

PARTIE 1 : ANALYSE DE LA PRODUCTION ENR SUR LE TERRITOIRE

1. METHODOLOGIE UTILISEE

Dans cette partie, les données exposées sont les données de production d'énergies renouvelables sur le territoire du Grésivaudan en 2018, communiquées par l'ORCAE dans son rapport de 2021.

La méthodologie et les données utilisées par l'ORCAE pour chaque énergie sont les suivantes :

- **Hydroélectricité** : Pour déterminer le nombre d'installations, la puissance et la production à l'échelle communale, l'ORCAE utilise le registre national des installations de production d'électricité et de stockage (ODRÉ), les données communales relatives aux installations de production d'électricité renouvelable bénéficiant d'une obligation d'achat (SDES), les données de production électrique annuelle par filière à la maille commune par Enedis, les données de production électrique annuelle par filière à la région par Enedis, les puissances régionales installées par Enedis (voir bilans régionaux Enedis), les données régionales de productions et de parcs installés par année et par énergie (ODRÉ) et les fichiers des gestionnaires de réseau par commune (Agence ORÉ).
- **Bois énergie** : la modélisation des consommations d'énergie permet d'estimer, au niveau territorial, la consommation de bois énergie, tout combustible confondu (bois-bûche, granulés de bois, plaquettes forestières) pour chaque secteur d'activité, à climat réel.
- **Cogénération** : pour obtenir les nombres, puissances installées et productions électriques des centrales de cogénération bois au niveau local, l'ORCAE effectue un croisement par commune des données relatives aux puissances installées issues du registre avec les données d'Enedis à la maille commune comprenant les nombres et productions correspondant à ces centrales.
- **Pompes à chaleur** : la méthodologie utilisée par l'ORCAE consiste à récupérer les données statistiques nationales de l'AFPAC et d'Uniclima indiquant le nombre de PAC vendues dans l'année par type d'installation. L'INSEE fournit le nombre de maisons individuelles pour la France métropolitaine et par département. Les données n'étant pas disponibles pour toutes les années, les données manquantes sont estimées grâce au taux d'évolution national du nombre de maisons individuelles. La part de maisons individuelles par département est obtenue par rapport au nombre total de maisons individuelles en France métropolitaine. Ce taux de maisons individuelles est appliqué au nombre de PAC vendues dans l'année (données AFPAC), ce qui permet d'obtenir un nombre de PAC total par département et par année. Le SDES fournit dans son bilan des énergies renouvelables, la quantité de consommation de chaleur renouvelable issue des PAC (la consommation de chaleur renouvelable est égale à la chaleur totale produite dont on retire la consommation d'électricité utilisée pour la produire). On peut ainsi obtenir une production moyenne annuelle par installation et donc par département grâce au nombre de PAC. Pour estimer la production des PAC par département, le ratio moyen de production sur la période 2005-2011 est utilisé, soit 1,9 tep/installation. Les données de production sont calculées sur la base de ratios par type d'installation et pour le niveau local, en fonction du nombre de résidences principales.
- **Le photovoltaïque** : Pour déterminer le nombre d'installations, la puissance et la production, à l'échelle communale l'ORCAE utilise : le registre national des installations de production d'électricité et de stockage, les données communales relatives aux installations de production d'électricité renouvelable bénéficiant d'une obligation d'achat, les données de production électrique annuelle par filière à la maille commune par Enedis, les données de production électrique annuelle par filière à la région par Enedis, les puissances régionales installées par Enedis (voir bilans régionaux Enedis), les données régionales de productions et de parcs installés par année des énergies renouvelables et le fichier des gestionnaires de réseau par commune.

- **Le solaire thermique** : Les données de production du parc solaire thermique sont issues du panorama de la chaleur renouvelable publié par le syndicat des énergies renouvelables. On y trouve la surface totale de capteurs solaires thermiques et les productions associées au niveau régional qui sont ensuite réparties au niveau local en fonction du nombre de résidences principales de 5 pièces ou plus et des irradiances globales horizontales quotidiennes moyennes par commune.

Ces sources de données n'étant plus exhaustives, pour ces dernières années, l'ORCAE utilise les données SDES/Observ'ER pour chiffrer la surface installée et la production des panneaux solaires thermiques. Cela permet en outre d'effectuer des comparaisons avec les autres régions et avec la moyenne française. Les surfaces installées et productions locales sont déterminées en répartissant le total régional en fonction du nombre de résidences principales sur le territoire.

- **Les déchets** : La principale source de données de l'ORCAE est la base Sindra.

On peut résumer ces hypothèses en évaluant la fiabilité des données de chaque énergie :

Énergie	Fiabilité de la donnée
Hydroélectricité	Bonne
Bois-énergie	Faible
Cogénération	Bonne
Pompes à chaleur	Faible
Photovoltaïque	Bonne
Solaire thermique	Faible
Déchets	Bonne

Tableau 1 : Fiabilité des données ENR de l'ORCAE

2. SYNTHÈSE DES PRODUCTIONS D'ÉNERGIES RENEUVELABLES

2.1. Production globale - 2018

En 2018, la production d'énergie renouvelable totale sur le territoire du Grésivaudan s'élève à **1 482 GWh** en incluant les centrales hydro-électriques > 4,5 MW du territoire.

Sachant que le territoire a consommé au total 2 805 GWh d'énergie en 2018, la production d'énergie renouvelable sur le territoire couvre **53 %** des consommations totales.

La répartition de la production **totale** d'énergie renouvelable sur le territoire du Grésivaudan est la suivante :

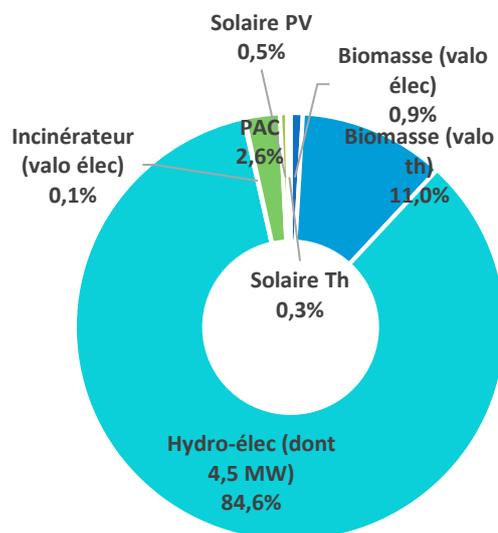


Figure 1 : Répartition de la production ENR sur le territoire
Source : données ORCAE 2018

MWh	2018
Biomasse (valo élec)	13 514
Biomasse (valo th)	162 473
Hydro-électricité	1 254 224
Incinérateur (valo élec)	1 452
Pompe à Chaleur	38 928
Solaire Photovoltaïque	7 852
Solaire Thermique	3 915
TOTAL	1 482 358

La production EnR sur le territoire est ainsi largement dominée par l'hydro électricité (85 %) suivi de la production de chaleur biomasse (11%).

A noter : ne sont pas prises en compte ici les consommations locales d'énergies renouvelables produites en France hors du territoire du Grésivaudan, à savoir la part d'électricité renouvelable du réseau électrique français et les agro-carburants présents dans tous les carburants.

Une fois cette première analyse réalisée, il faut souligner que plusieurs centrales de production hydro-électrique de puissance supérieure à 4,5MW sont comptées dans le total des productions du territoire. Or, ces centrales de grosses capacités ont un statut particulier qui peut justifier de les exclure de l'analyse.

En effet, on distingue deux cadres juridiques pour les installations hydroélectriques suivant la puissance maximale brute (PMB) des installations :

- **Installations de moins de 4,5 MW : le régime de l'autorisation**

Elles appartiennent à des acteurs privés comme publics. Elles nécessitent l'obtention d'une autorisation environnementale, délivrée par le préfet pour une durée limitée, et dont les règles d'exploitation dépendent des enjeux environnementaux du site concerné.

- **Les installations de plus de 4,5 MW : le régime des concessions**

Elles appartiennent à l'État, et sont construites et exploitées par un concessionnaire, pour son compte.

Ces grandes installations opérées par l'Etat ne relèvent pas des moyens d'action des collectivités locales.

Pour cette raison, le choix peut être fait d'exclure les centrales de plus de 4,5MW du périmètre étudié. Cela permet de concentrer l'analyse sur les productions EnR qui sont réellement à la main du territoire. C'est ce périmètre qui est pris en compte dans la suite de cet état des lieux des productions.

Les centrales hydroélectriques de plus de 4,5MW représentent une production de 1 090 GWh en 2018, soit près de 73,5 % de la production totale de la CC Le Grésivaudan.

2.2. Production globale hors centrales hydro > à 4,5 MW - 2018

Si l'on retire les unités de production hydro électrique de plus de 4,5 MW, alors la production d'énergie renouvelable du territoire redescend à **392 GWh** et ne couvre alors plus que **14 % de la consommation du territoire.**

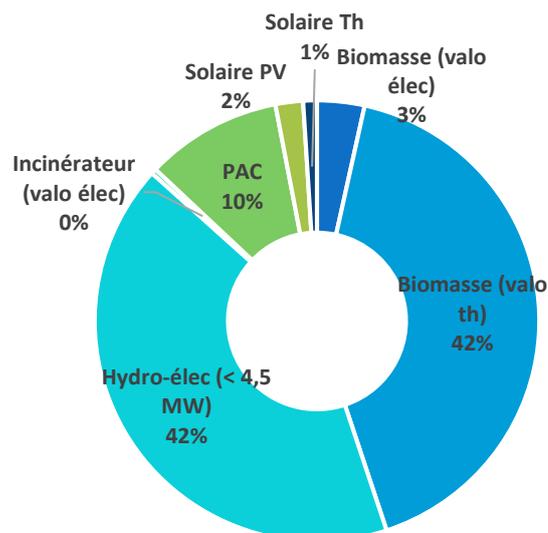


Figure 2 : production d'énergie renouvelable par source (hors centrales >4,5 MW)
Source : données ORCAE 2018

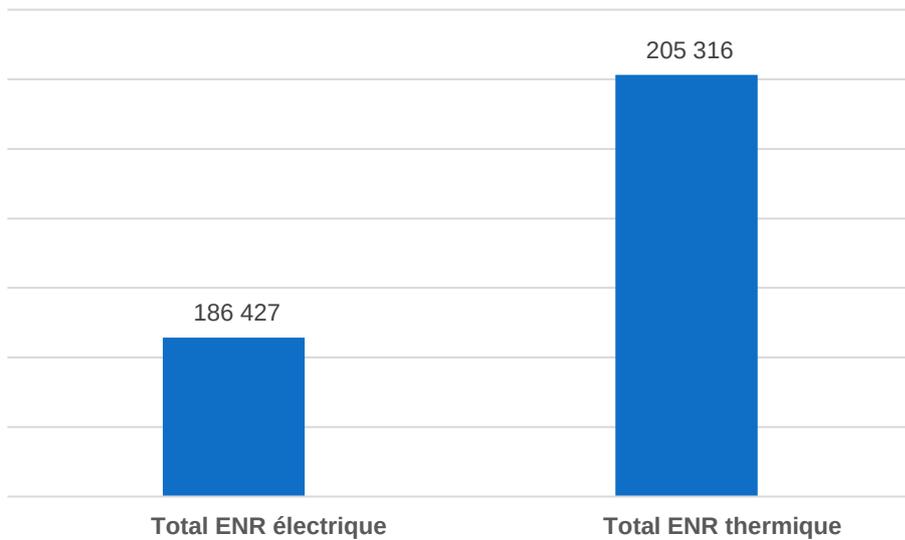
La production d'énergie renouvelable reste dominée par l'énergie hydraulique et la biomasse thermique qui pèsent respectivement pour 42 % de la production totale.

MWh	2018
Biomasse (valo élec)	13 514
Biomasse (valo thermique)	162 473
Hydro-élec (< 4,5 MW)	163 609
Incinérateur (valo élec)	1 452
PAC	38 928
Solaire Photovoltaïque	7 852
Solaire Thermique	3 915
TOTAL	391 743

2.3. Répartition des productions électriques et thermiques

La répartition entre la production d'ENR thermiques et électriques est relativement équilibrée.

Les ENR électriques représentent, selon le périmètre hors centrales >4,5 MW, **47,5 %** de la production du territoire, et les ENR thermiques **52,4 %**.



Sur les EnR thermiques, la production de chaleur biomasse concentre la majorité de la production bien que les PAC gagnent peu à peu du terrain.

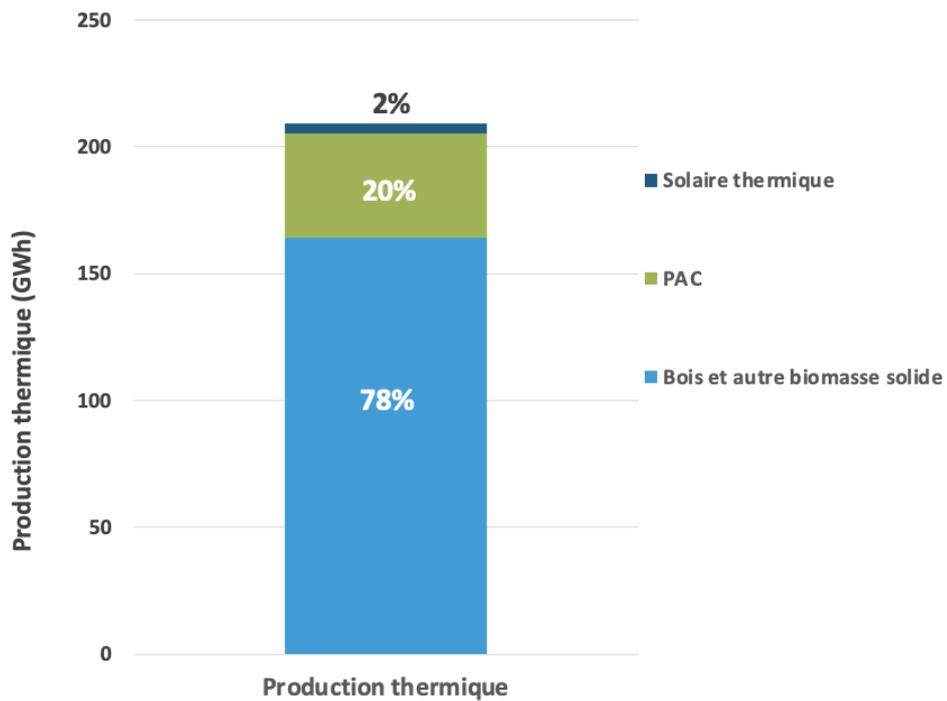


Figure 3 : État des lieux de la production d'ENR thermique (2018)
Source : données ORCAE 2018

Sur les EnR électriques, la production hydro électrique domine également largement, bien qu'en baisse.

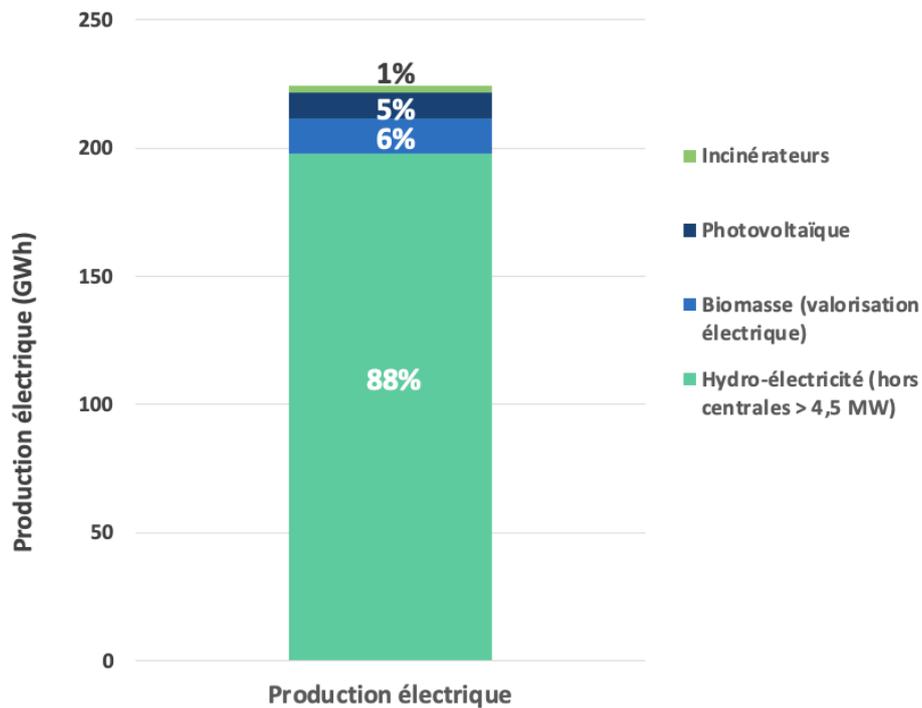


Figure 4 : État des lieux de la production d'ENR électrique (2018)
Source : données ORCAE 2018

Énergie	Production (MWh)	Part du total
Hydro-électricité (hors centrales > 4,5 MW)	163 609	42 %
Biomasse (valorisation électrique)	13 514	3 %
Photovoltaïque	7 852	2 %
Incinérateurs	1 452	0,5 %
Eolien	0	0 %
Total production électrique	186 427	47,5 %
Bois et autre biomasse solide	162 473	41 %
PAC	38 928	10 %
Solaire thermique	3 915	1%
Total production thermique	205 316	52,5 %
TOTAL PRODUCTION	391 743	100%

Tableau 2 : Synthèse des productions d'énergies renouvelables

Le détail par source d'énergie est donné dans les parties suivantes.

2.4. Evolution de la production EnR depuis 2011 (hors hydro élec >4,5 MW)

Le suivi annuel des productions d'énergies renouvelables par l'ORCAE permet de suivre la progression du développement de ces énergies sur la CC Le Grésivaudan :

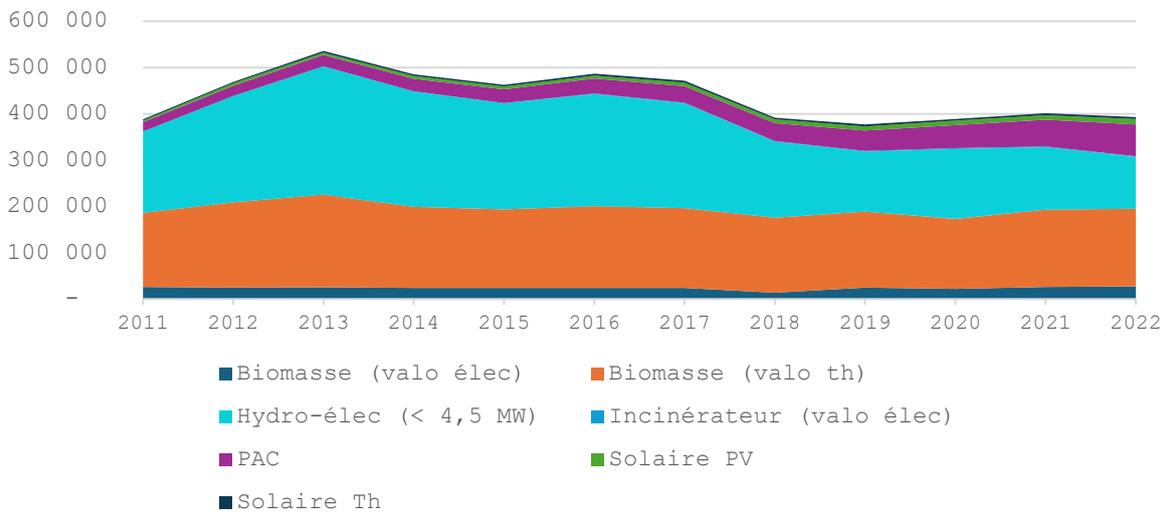
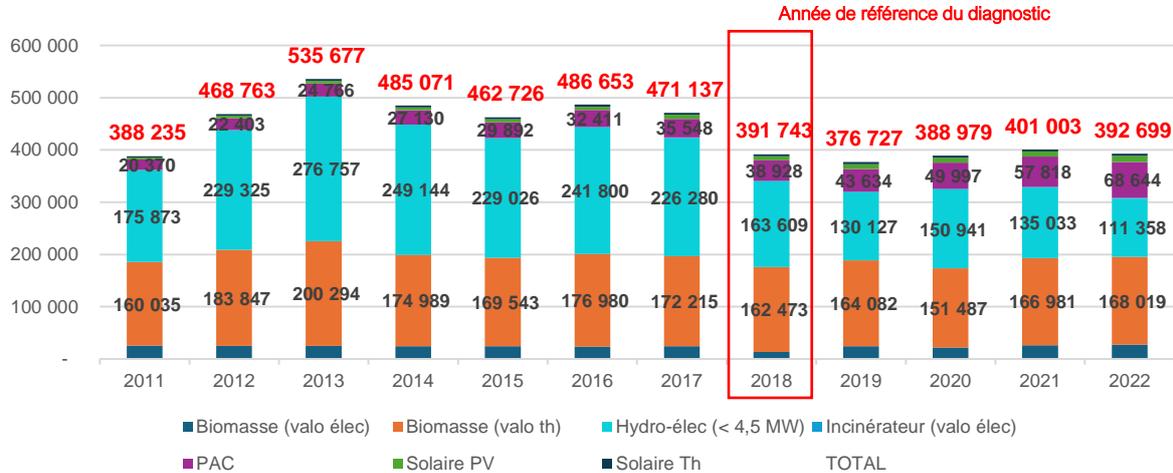


Figure 5 : Évolution de la production ENR entre 2011 et 2022

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Biomasse (valo élec)	25 812	24 999	25 297	24 410	24 377	23 844	24 263	13 514	24 490	21 774	26 251	27 283
Biomasse (valo th)	160 035	183 847	200 294	174 989	169 543	176 980	172 215	162 473	164 082	151 487	166 981	168 019
Hydro-élec (< 4,5 MW)	175 873	229 325	276 757	249 144	229 026	241 800	226 280	163 609	130 127	150 941	135 033	111 358
Incinérateur (valo élec)	-	-	-	-	-	1 379	1 379	1 452	1 354	1 577	1 276	1 687
PAC	20 370	22 403	24 766	27 130	29 892	32 411	35 548	38 928	43 634	49 997	57 818	68 644
Solaire PV	3 333	5 037	5 153	5 780	6 153	6 278	7 472	7 852	9 006	9 153	9 509	11 624
Solaire Th	2 812	3 152	3 410	3 618	3 735	3 961	3 980	3 915	4 034	4 050	4 135	4 084
TOTAL	388 235	468 763	535 677	485 071	462 726	486 653	471 137	391 743	376 727	388 979	401 003	392 699

On observe que la production d'énergies renouvelables du territoire n'est pas linéaire sur la période et qu'elle est très dépendante de la production hydroélectrique.

Ainsi, depuis 2011, la production n'a augmenté que de 1 % mais cette tendance n'est pas représentative des dynamiques par filière qui sont très hétérogènes. La production est par ailleurs stable depuis 2018 ce qui n'inscrit clairement pas le territoire dans une trajectoire TEPOS comme visée.

La production hydroélectrique a ainsi baissé de 37 % depuis son niveau de 2011 avec une accélération depuis 2018. Cette baisse significative s'explique par une baisse importante de la production d'une unité de moins de 4,5 MW située sur la commune du Cheylas : elle est passée de 117 875 MWh en 2016 à environ 20 000 MWh en 2018 et 2019.

Il s'agira de pouvoir analyser ce sujet en profondeur en associant les acteurs du territoire, afin de bien saisir les raisons de cette baisse et de pouvoir construire une feuille de route adaptée sur cet enjeu tout particulier qu'est la production hydro-électrique sur le territoire du Grésivaudan.

Les énergies solaires (surtout photovoltaïques) ainsi que les Pompes à Chaleur (Aérothermie) connaissent une très forte progression sur la période avec respectivement +249 % et 237 %. Ces deux filières bénéficient d'un soutien national propice à leur développement.

La biomasse augmente légèrement (3 %) malgré les soutiens apportés par la collectivité (prime Air Bois).

Enfin, en gardant en tête cette évolution importante sur les productions hydro-électriques, on peut comparer cette évolution à la stratégie TEPOS du territoire :

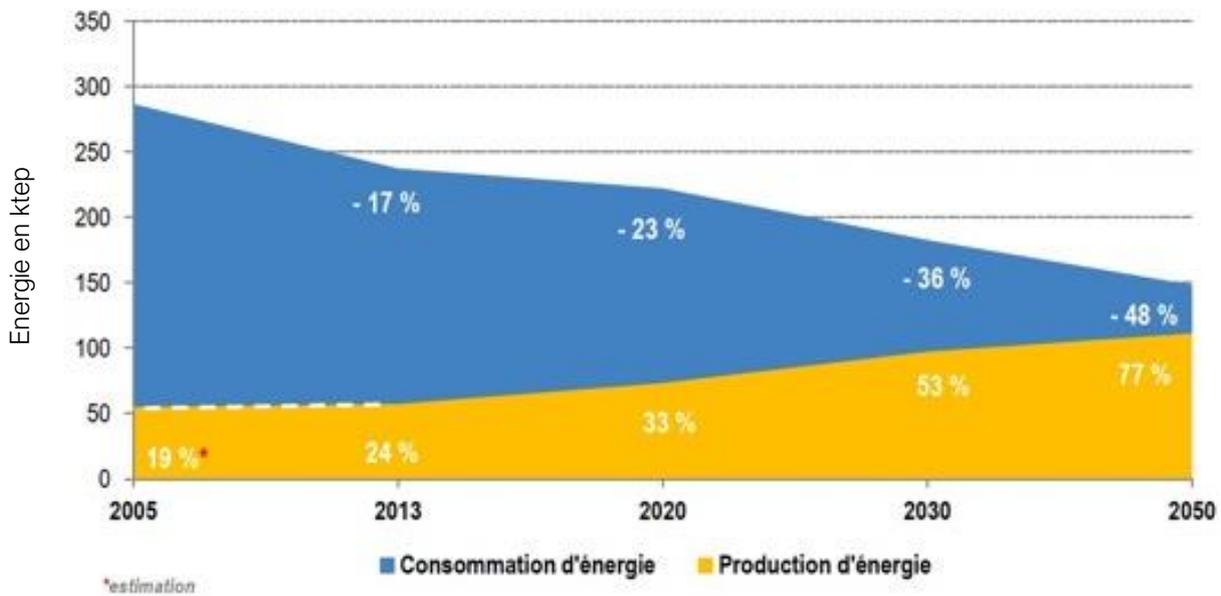


Figure 6 : Évolution des consommations énergétiques et de développement des productions des énergies renouvelables du territoire du Grésivaudan selon la stratégie TEPOS
Source : eQuiNeo

On peut mettre en regard cette trajectoire théorique avec la trajectoire réelle entre 2011 et 2022 :

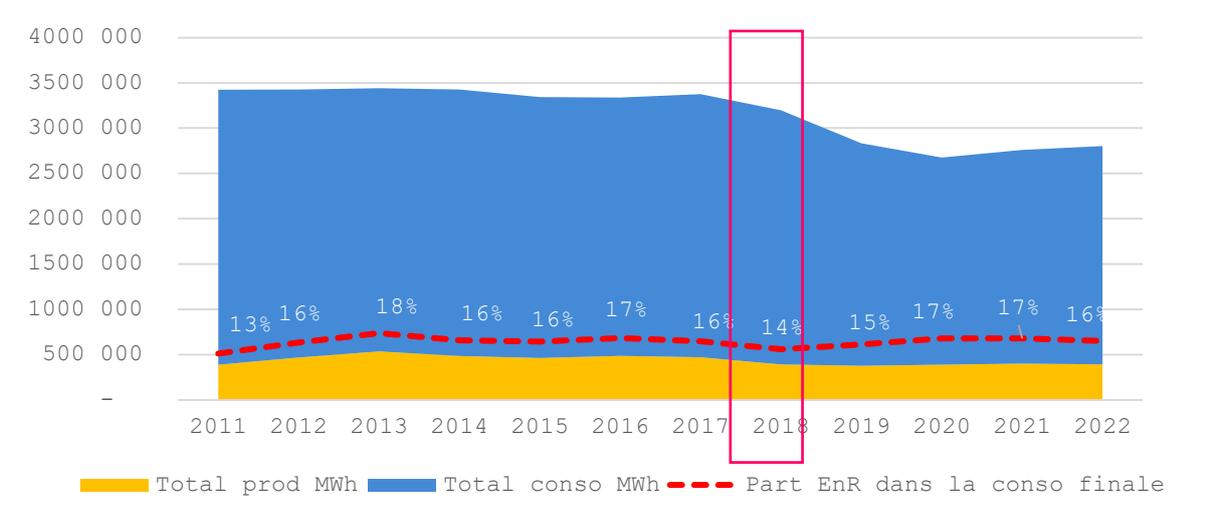


Figure 7 : Trajectoires de consommation et de production ENR réalisées

La CC Le Grésivaudan n'est ainsi actuellement pas sur une trajectoire permettant de respecter ses ambitions TEPOS.

2.5. Comparaison des données du schéma de développement des ENR et de l'ORCAE

Dans le rapport réalisé en 2016 par le bureau d'étude Axenne, sur la base de données de 2012, on trouve la répartition suivante des productions ENR sur le territoire :

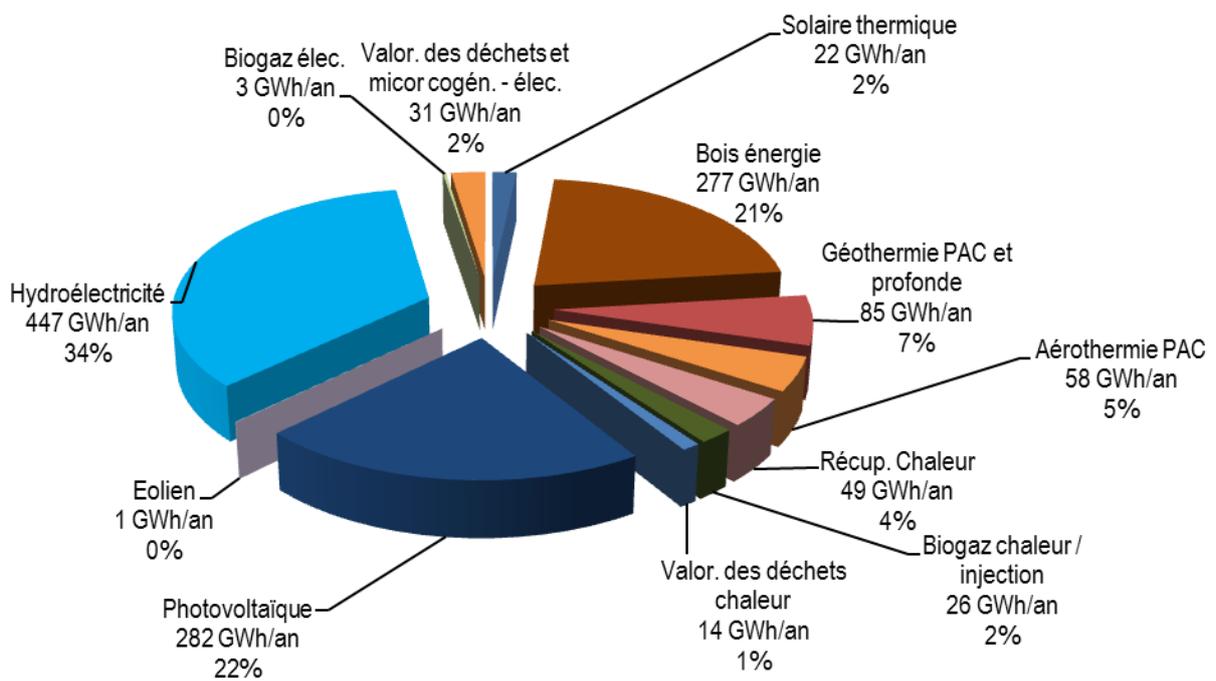


Figure 8 : Répartition des ENR en 2012
 Source : Rapport d'Axenne 2016

Il paraît alors intéressant de comparer les sources des données utilisées par ORCAE et par Axenne et de noter quelles sont les énergies dont les estimations diffèrent :

	ORCAE (2023)		Axenne (2016)		% de différence entre les données	Commentaire
	Valeur 2012	Source	Valeur 2012	Source		
Hydroélectricité	229 325	ODRÉ ; SDES ; Enedis	378 913	DREAL Rhône-Alpes ; Journal officiel	45%	Périmètres différents (plus d'installations prises en compte par Axenne)
Photovoltaïque	5 037	Enedis	5 958	SOeS 2012, d'après les obligations d'achat EDF, SEI et les entreprises locales de distribution	13%	Bon accord
Solaire thermique	3 152	SDES/Observ'ER	1 307	OREGES ; SOeS	147%	Différence de modèle
Aérothermie	16 791	AFPAC, Uniclimate, SDES	21 857	Données nationales AFPAC	7%	Bon accord
Bois et autres biomasses (valorisation thermique)	183 847	Modélisation ORCAE	220 945	OREGES	10%	Bon accord
Bois et autres biomasses (valorisation électrique)	24 999	Modélisation ORCAE	13 000	OREGES	92%	Différence de modèle
Valorisation thermique des déchets	Pas de valorisation à Poncharra à l'époque	Sindra	9 528	BDD Sinoé de l'ADEME. Journal officiel	-	Différence de périmètre : valorisation de la Tronche prise en compte
Valorisation électrique des déchets	Pas de valorisation à Poncharra à l'époque	Sindra	523	BDD Sinoé Journal officiel	-	Différence de périmètre : valorisation de la Tronche prise en compte
Géothermie	5 612	-	6 309	Données nationales AFPAC ; BRGM	-	Modèle statistique utilisé par Axenne
Éolien	Pas de production	-	Pas de production	SOeS 2012, d'après les obligations d'achat EDF, SEI et les entreprises locales de distribution	-	Bon accord
Biogaz	Pas de production	-	Pas de production	Atlas 2013 des sites de valorisation du biogaz	-	Bon accord

Tableau 3 : Tableau de comparaison des données ORCAE et des données utilisées par Axenne 2012

Si les diagnostics ne sont pas identiques, en raison de périmètres ou de modèles légèrement différents, on observe tout de même une bonne cohérence globale sur les ordres de grandeur.

3. DETAIL PAR ENERGIE

3.1. L'hydroélectricité

→ Présentation de l'énergie hydroélectrique

L'hydroélectricité ou énergie hydroélectrique exploite l'énergie potentielle des flux d'eau (fleuves, rivières, chutes d'eau, courants marins, etc.). L'énergie cinétique du courant d'eau est transformée en énergie mécanique par une turbine, puis en énergie électrique par un alternateur.

Une centrale hydroélectrique de rivière se compose d'une retenue d'eau (prise « au fil de l'eau » ou barrage) ainsi que d'une installation de production. Différents types existent :

- **Les centrales gravitaires** : elles mettent à profit l'écoulement de l'eau et un dénivelé. Elles peuvent être classées en fonction du débit turbiné et de leur hauteur de chute. Il existe trois types de centrales gravitaires (ici énumérées par ordre d'importance dans le mix hydraulique) : les **centrales au fil de l'eau** qui utilisent le débit d'un fleuve et fournissent une énergie de base produite « au fil de l'eau » et injectée immédiatement sur le réseau ; les **centrales d'écluse** dans les grands fleuves à relativement forte pente comme le Rhin ou le Rhône, des barrages sur le fleuve ou sur un canal parallèle au fleuve provoquent des suites de chutes d'eau qui ne perturbent pas la vallée ; les **centrales-lacs (ou centrales de hautes chutes)** sont également associées à une retenue d'eau créée par un barrage. Leur réservoir important permet un stockage saisonnier de l'eau et une modulation de la production d'électricité : les centrales de lac sont appelées durant les heures de plus forte consommation et permettent de répondre aux pics. Elles sont nombreuses en France. L'usine peut être placée au pied du barrage ou bien plus bas. Dans ce cas, l'eau est transférée par des tunnels en charge du lac jusqu'à l'entrée de la centrale.
- **Les stations de transfert d'énergie par pompage (ou STEP)** possèdent deux bassins, un bassin supérieur (par exemple, un lac d'altitude) et un bassin inférieur (par exemple une retenue artificielle) entre lesquels est placé un dispositif réversible pouvant aussi bien fonctionner comme pompe ou turbine pour la partie hydraulique et comme moteur ou alternateur pour la partie électrique. L'eau du bassin supérieur est turbinée en période de forte demande pour produire de l'électricité. Puis, cette eau est pompée depuis le bassin inférieur vers le bassin supérieur dans les périodes où l'énergie est bon marché, et ainsi de suite. Les STEP sont considérées comme des installations de stockage d'énergie.

Atouts	Faiblesses
Énergie renouvelable aujourd'hui injectée sur le réseau Prédicibilité de la production Coût d'investissement modéré Bonne rentabilité de l'investissement	Longueur des démarches administratives à engager et contraintes techniques associées (type échelle à poissons, déversoir de crue, relations avec agence de l'eau et associations de pêche...)
Opportunités	Menaces/Points d'attention
Tous les seuils existants de hauteur supérieure à 2m, et de préférence 3m.	La connaissance fine des débits et des hauteurs d'eau au long de l'année permet de calculer précisément la rentabilité des installations. Statut de la propriété des ouvrages existants (canaux, retenues, locaux...), convention d'occupation...

Tableau 4 : Matrice AFOM – filière hydroélectrique

→ La filière hydroélectrique sur le territoire

Le territoire du Grésivaudan compte 38 installations hydrauliques en 2018, dont 5 ont des puissances supérieures à 4,5 MW. En 2017, l'ensemble des installations électriques du territoire ont permis la production de 1 274 715 MWh. On peut noter que l'année 2018 a connu une très bonne production hydroélectrique.

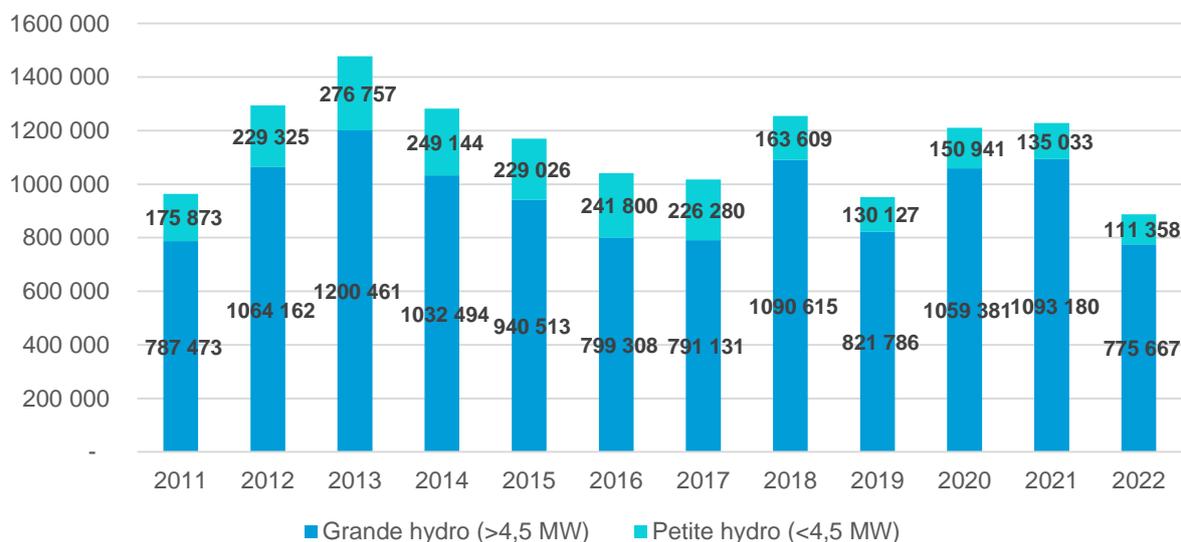


Figure 9 : Production hydraulique sur le territoire du Grésivaudan entre 2011 et 2022
Source : données ORCAE 2023

Hydroélectricité	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Grande hydro (>4,5 MW)	787 473	1 064 162	1 200 461	1 032 494	940 513	799 308	791 131	1 090 615	821 786	1 059 381	1 093 180	775 667
Petite hydro (<4,5 MW)	175 873	229 325	276 757	249 144	229 026	241 800	226 280	163 609	130 127	150 941	135 033	111 358
Total MWh	963 346	1 293 487	1 477 218	1 281 638	1 169 539	1 041 108	1 017 411	1 254 224	951 913	1 210 322	1 228 213	887 025

L'installation hydroélectrique principale du Grésivaudan est la STEP (Station de Transfert d'Énergie par Pompage) du Cheylas. Elle a produit à elle seule 1 013 281 MWh en 2018, soit 79% de la production hydraulique du territoire.

Commune	Production annuelle (MWh)	% de la production hydraulique totale
Chapareillan	4 198	0,3%
Frogès	2 854	0,2%
La Chapelle-du-Bard	1 867	0,1%
La Combe-de-Lancey	3 539	0,3%
La Terrasse	4 514	0,4%
Laval	17 032	1,3%
Le Cheylas	1 013 281	79,5%
Le Haut-Bréda	61 244	4,8%
Pontcharra	56 666	4,4%
Revel	13 412	1,1%
Saint-Martin-d'Uriage	81	0,0%
Sainte-Agnès	7 713	0,6%
Tencin	15 062	1,2%
Theys	795	0,1%
Villard-Bonnot	72 458	5,7%

TOTAL	1 274 715	100%
--------------	------------------	-------------

Tableau 5 : Répartition de la production hydroélectrique du Grésivaudan par communes
 Source : données ORCAE 2018

La répartition de la production hydraulique entre les différentes communes est présentée sous forme de carte ci-dessous :

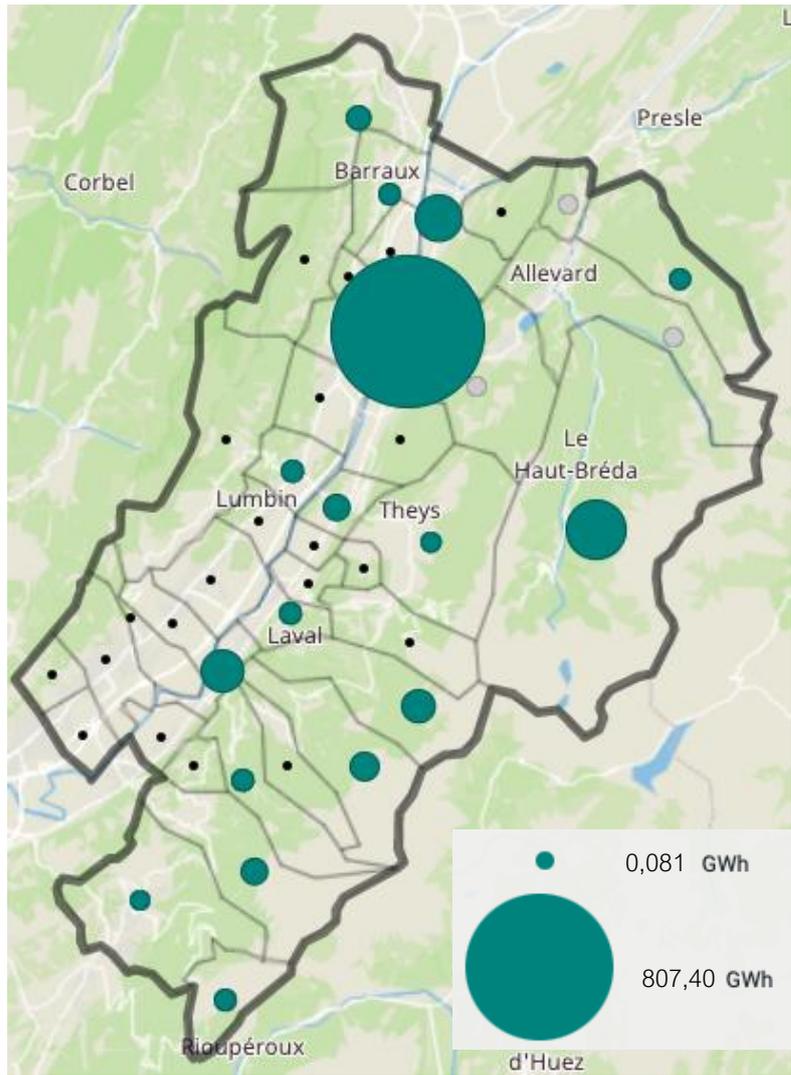


Figure 10 : Répartition géographique de la production hydroélectrique sur le territoire du Grésivaudan
 Source : terristory

3.2. La biomasse solide

→ Présentation de la filière bois-énergie

Le bois est considéré comme une ressource renouvelable dans la limite où son exploitation est effectuée de manière durable. Le CO₂ émis lors de la combustion est compensé par le CO₂ prélevé de l'atmosphère par le végétal durant sa vie. La biomasse se prête essentiellement à la production de chaleur et de vapeur dans les industries. La production d'électricité est également possible par cogénération avec toutefois un rendement faible.

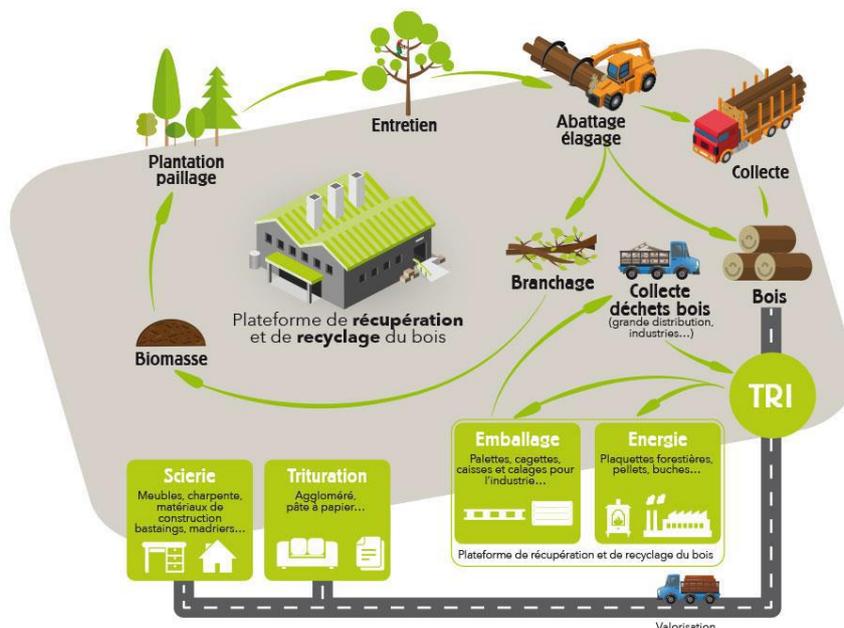


Figure 11 : Type de valorisation de la ressource biomasse forestière
Source : ADEME

Les combustibles les plus utilisés sont :

- Les bûches et rondins qui servent essentiellement pour le chauffage domestique (faible pouvoir calorifique)
- Les plaquettes forestières ou industrielles qui sont composées de quelques centimètres cube de bois déchiqueté et qui présentent un meilleur pouvoir calorifique.
- Les granulés qui présentent un meilleur pouvoir calorifique et un faible taux d'humidité.

Atouts	Faiblesses
Ressource bois sur ou à proximité du territoire	Coût élevé de collecte, logistique et transformation
Multiplés utilisations possibles	Enjeux de conservation de l'espace agricole
Frais de maintenance faibles	Peu de projets innovants
Durée de vie des installations	
Opportunités	Menaces/Points d'attention
Utiliser la structuration de la filière déchets	Possible manque industriel de préparation et de standardisation de la ressource

Tableau 6 : Matrice AFOM – filière biomasse (bois-énergie)

→ La filière bois-énergie sur le territoire

La production d'énergie **thermique** à partir de biomasse solide s'élève à **162 473 MWh** pour l'année 2018. Cette valeur est variable selon les années, mais est assez constante puisque la moyenne de la production sur la période 2011-2022 se situe à 171 000 MWh environ. En 2022, la production est remontée à 168 000 MWh, sans garantie que cela se maintienne.

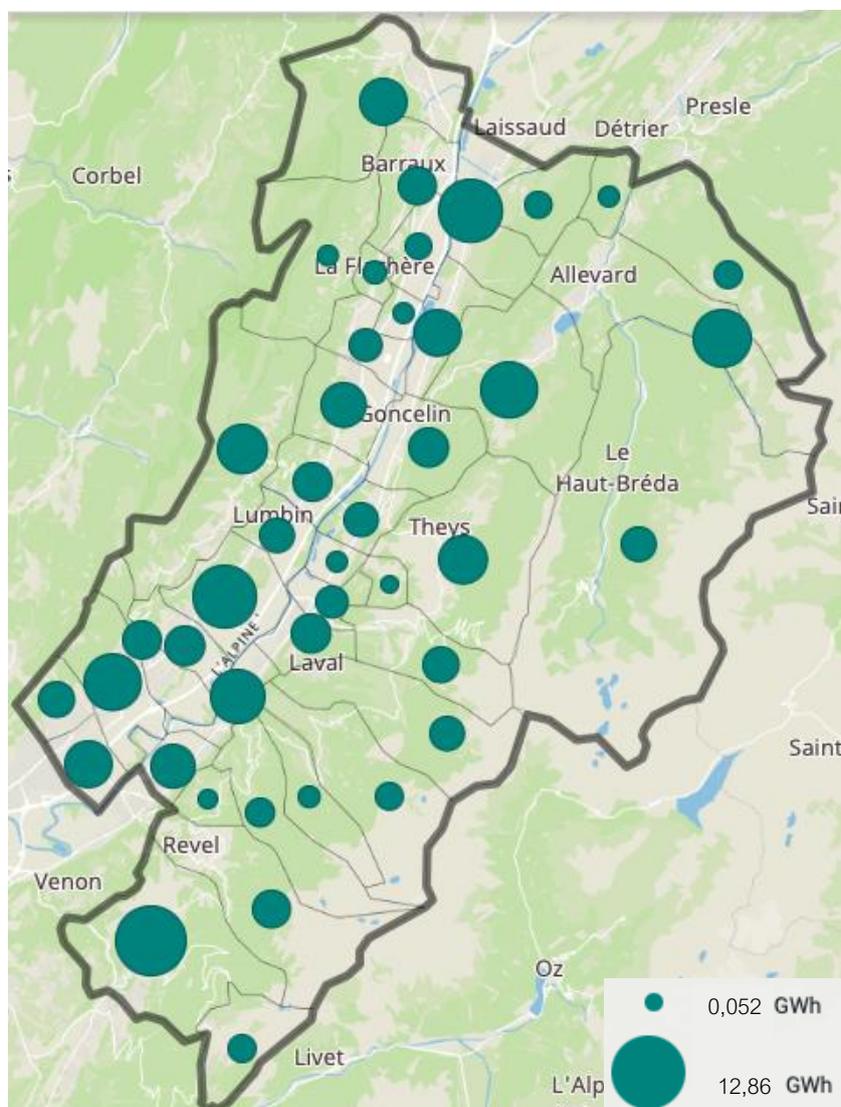


Figure 12 : Répartition géographique de la production de chaleur à partir de la biomasse solide sur le territoire du Grésivaudan
Source : terristory

Cette consommation correspond :

- aux consommations individuelles dans les foyers ouverts, foyers fermés, poêles à bois et (plus rarement) chaufferies bois des logements,
- aux réseaux de chaleurs bois.

Une valorisation électrique de la biomasse solide est en place par l'unité de cogénération du Cheylas. Cette unité, mise en service en 2010 produit environ 5 000 MWh de chaleur et 24 000 MWh d'électricité par an. Néanmoins, en 2018, elle n'a produit que **13 514 MWh** d'électricité, ce qui semble être une anomalie au vu du fonctionnement sur les dernières années. Depuis, la production a repris pour se situer à 27 283 MWh en 2022.

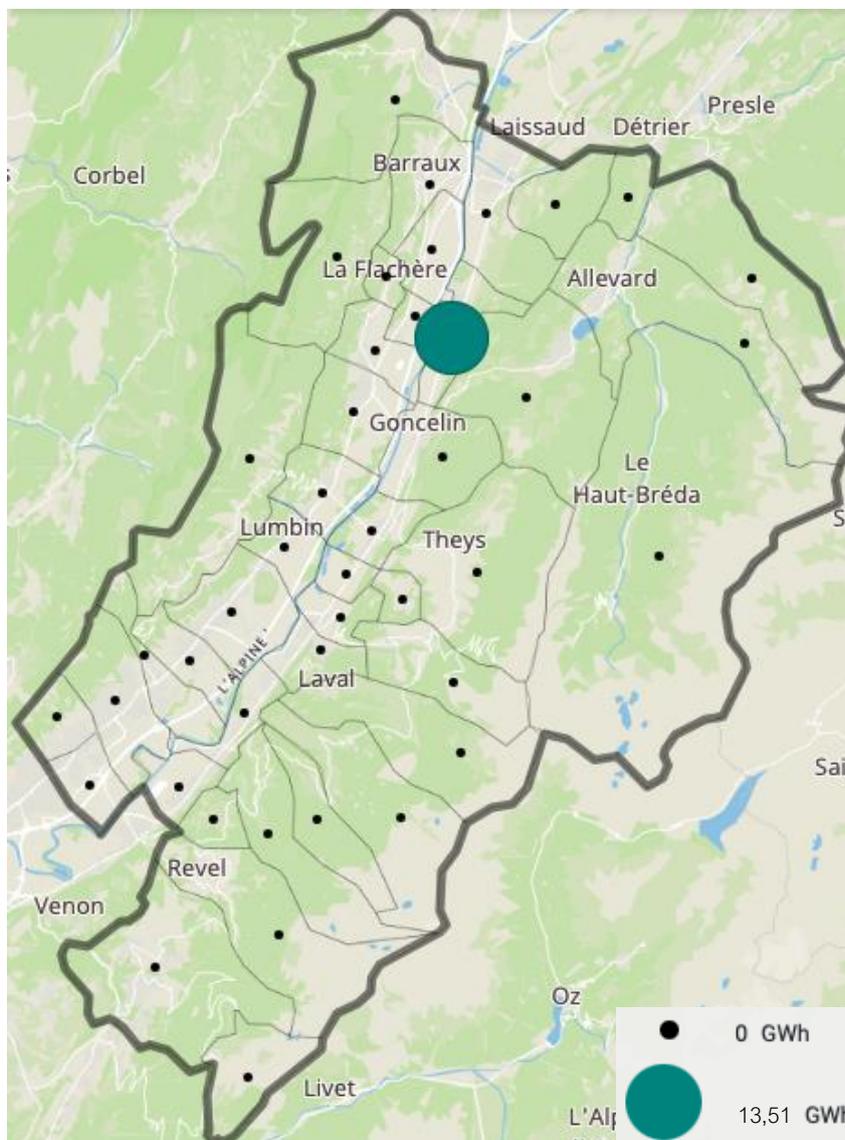


Figure 13 : Répartition géographique de la production d'électricité à partir de la biomasse solide sur le territoire du Grésivaudan
Source : terristory

3.3. Les Pompes à Chaleur (aérothermie)

→ Principe des pompes à chaleur

Une **pompe à chaleur (PAC)** est une machine dont le but est de valoriser la chaleur gratuite présente dans l'environnement : dans l'air extérieur (aérothermie), les rivières (PAC géothermique eau/eau) ou le sol (on parle alors de géothermie).

Grâce à un fluide décrivant un cycle thermodynamique, la pompe à chaleur retire de la chaleur à une source dite "froide" et la rejette dans une source dite "chaude". Ce transfert fait appel à un processus forcé : la PAC doit être entraînée par un compresseur qui lui amènera l'énergie nécessaire à son fonctionnement.

Elle a donc une consommation d'électricité, mais celle-ci permet de produire plus de chaleur qu'un simple radiateur électrique : le coefficient de performance [COP] mesure ce « rendement » supérieur à 100%. Ainsi, un COP de 3 signifie que pour 1 kWh d'électricité consommée, 3 kWh de chaleur ont été produits (soit un rendement de 300%).

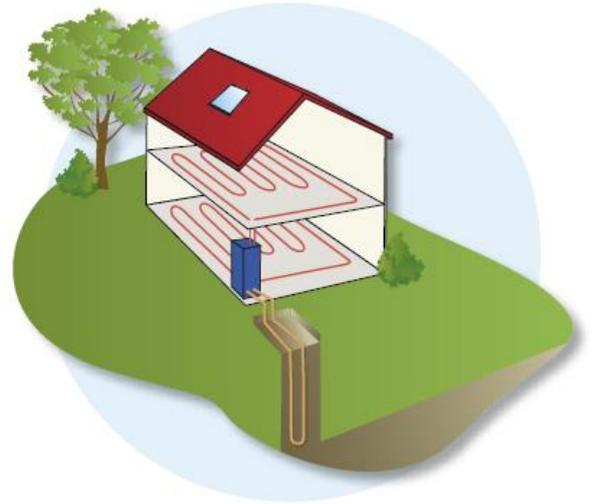


Figure 14 : Schéma de PAC
Source : <https://energieplus-lesite.be/>

L'aérothermie regroupe les pompes à chaleur qui utilisent l'air comme source froide : elles récupèrent de la chaleur dans l'air ambiant pour réchauffer l'intérieur d'une maison (ou produire de l'Eau Chaude Sanitaire [ECS]).

Atouts	Faiblesses
<p>Simplicité d'installation.</p> <p>Systèmes maîtrisés.</p>	<p>PAC aérothermiques inadaptée aux climats froids en raison de la forte perte d'efficacité pour des températures négatives.</p>
Opportunités	Menaces / Points d'attention
<p>Substitution des chaudières fioul si les émetteurs (radiateurs) sont adaptés.</p>	<p>Impact environnemental des gaz frigorigènes utilisés.</p> <p>Renforcement des consommations électriques estivales en cas d'utilisation pour du rafraîchissement, et contribution aux îlots de chaleur urbain en même temps (rejet de chaleur à l'extérieur des bâtiments)</p>

Tableau 7 : Matrice AFOM - filière aérothermie

→ Les pompes à chaleur sur le territoire

Le nombre de PAC est en croissance constante sur le territoire. En 2018, on estimait qu'il y en avait 1 882, ce qui représentait une production d'environ **38 928 MWh** dont **32 455 MWh en aérothermie et seulement 1 452 MWh pour de la géothermie**. Ces données sont en réalité peu précises car il s'agit d'un ratio dépendant du nombre de résidences principales dans chaque commune.

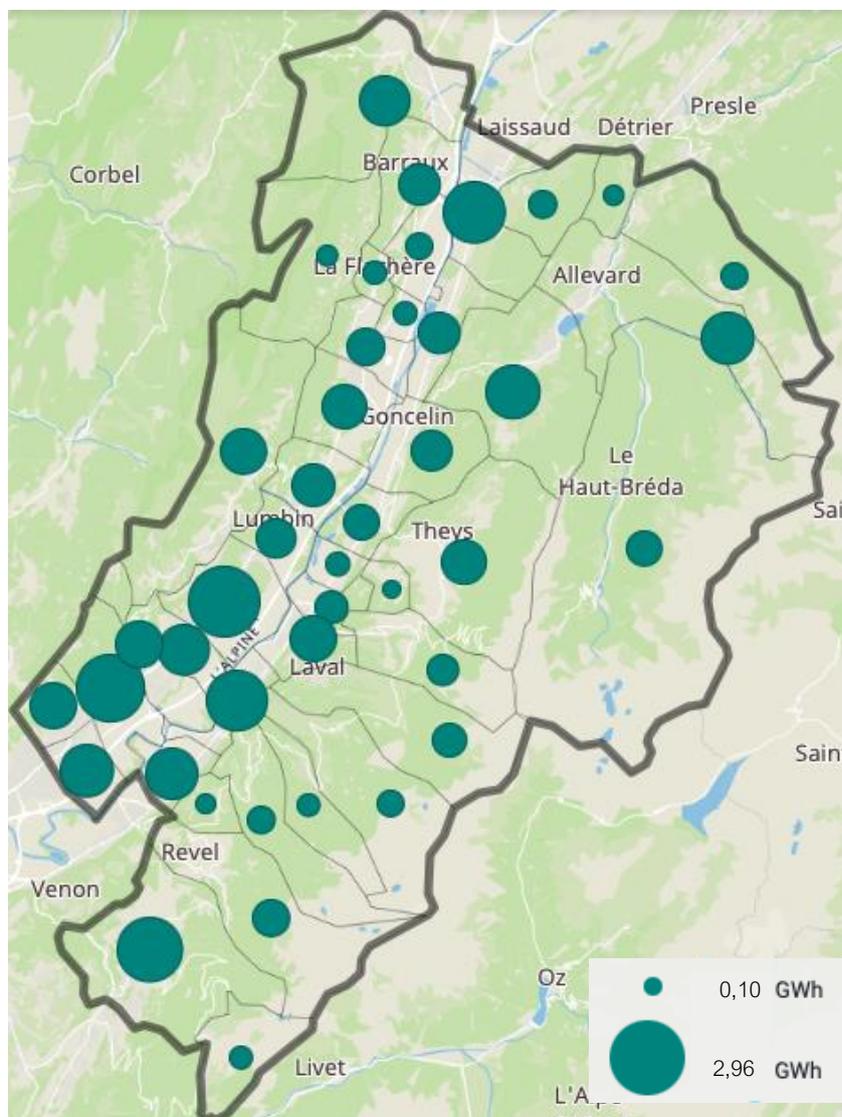


Figure 15 : Répartition géographique de la production d'énergie par les PAC sur le territoire du Grésivaudan
Source : terristroy

3.4. La géothermie

→ Principe de la géothermie

La géothermie correspond à l'exploitation de la chaleur du sous-sol. Elle provient des échanges thermiques avec les couches internes de la Terre. Plusieurs filières de géothermie sont à distinguer :

- **La géothermie profonde** comprenant la géothermie haute énergie, la géothermie moyenne énergie et basse énergie. La profondeur de forage va de la centaine de mètres jusqu'à environ 2000m et la chaleur extraite peut être utilisée de manière directe (chauffage des habitations, thermalisme, réseaux de chaleur urbain...). La méthode de la géothermie haute énergie est très peu développée en métropole.
- **La géothermie superficielle** (très basse énergie) capte des calories d'une nappe souterraine ou du sol à des profondeurs moindres (jusqu'à 200m, températures inférieures à 30°C). Cette chaleur basse température alimente une pompe à chaleur. Celle-ci peut chauffer un bâtiment, le rafraîchir (à l'aide d'une PAC réversible) ou produire de l'eau chaude sanitaire.

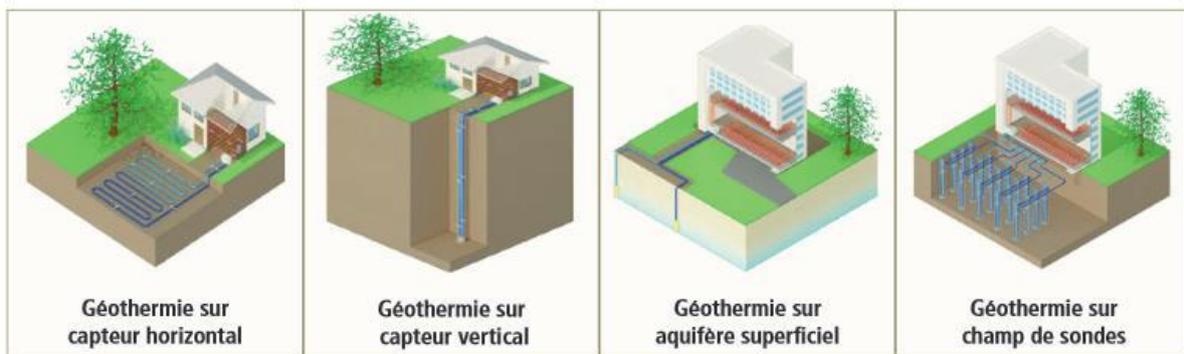


Figure 16: Technologie de GMI
Source : ADEME, BRGM

- **Capteurs horizontaux** : il s'agit d'enterrer sous une surface une grande longueur de tuyau dans les premiers mètres du sol. À cette profondeur, la température est stable entre 10 à 15°C. Ce type d'exploitation nécessite une grande surface. Ces techniques ne sont pas recommandées en priorité.
- **Sonde géothermique sur capteur vertical ou champ de sondes** : il s'agit de faire circuler dans une installation fermée (tube en U ou tube coaxial), un mélange eau-glycol qui va capter la chaleur du sol au travers d'un forage d'une quinzaine de centimètres de diamètre sur une centaine de mètres de profondeur (généralement moins de 200 m). Cette application nécessite une emprise au sol bien plus faible que la précédente, et est adaptée au neuf et à l'existant sans remaniement de terrain. Lorsque les besoins sont élevés, plusieurs sondes peuvent être implantées afin de créer un champ de sondes.
- **Géothermie sur aquifère superficiel ou PAC sur nappe** : dans ce cas, le forage cherche à capter les calories de la nappe d'eau souterraine. Généralement située de quelques mètres à une centaine de mètres de profondeur, la température de la nappe avoisine 12 à 15°C. Cette application est constituée de deux forages : production et rejet (ou réinjection) distants d'au moins une quinzaine de mètres afin de limiter les interférences entre eux.

Atouts	Faiblesses
<p>Énergie renouvelable, virtuellement inépuisable</p> <p>Indépendance par rapport aux conditions météorologiques : énergie prévisible et constante</p>	<p>Coût d'installation important pour un forage neuf</p> <p>Nécessité d'assurer la consommation de la chaleur localement</p> <p>Manque de connaissance des acteurs des atouts potentiels de la technologie</p>
Opportunités	Menaces/Points d'attention
<p>Rénovation / construction / présence de plusieurs bâtiments sur un petit périmètre (200 m de diamètre) permettant la mise en place d'un petit réseau de chaleur</p> <p>Innovations possibles pour réduire les coûts et la complexité de mise en œuvre des échangeurs souterrains</p>	<p>Le coût du poste électricité pour le pompage</p> <p>Le coût du poste électricité pour le pompage</p> <p>Température d'eau d'environ 40°C pour un forage d'environ 1000 m, d'environ 80°C pour 3000 m</p> <p>La solution d'utilisation de la chaleur produite : échange direct ou pompe à chaleur (avec leurs coûts respectifs de fonctionnement)</p>

Tableau 8 : Matrice SWOT – filière géothermie

→ La géothermie sur le territoire

La production géothermique est intégrée dans les données des pompes à chaleur dans le suivi de l'ORCAE. La production est très faible sur le territoire et peine à décoller malgré les potentiels : 1 452 MWh en 2018 et 1 687 MWh en 2022.

La Base de données du Sous-Sol (BSS) du BRGM recense tous les forages réalisés sur un territoire, et leur objet (quand il est renseigné, car la base n'est pas complète, surtout pour les forages les plus anciens). De nombreux forages existent sur le territoire mais ils sont principalement liés à l'approvisionnement en eau.

Parmi ces forages, une douzaine seulement sont recensés comme produisant de la chaleur, soit via des pompes à chaleur, soit directement, pour le thermalisme aux Thermes d'Allevard.

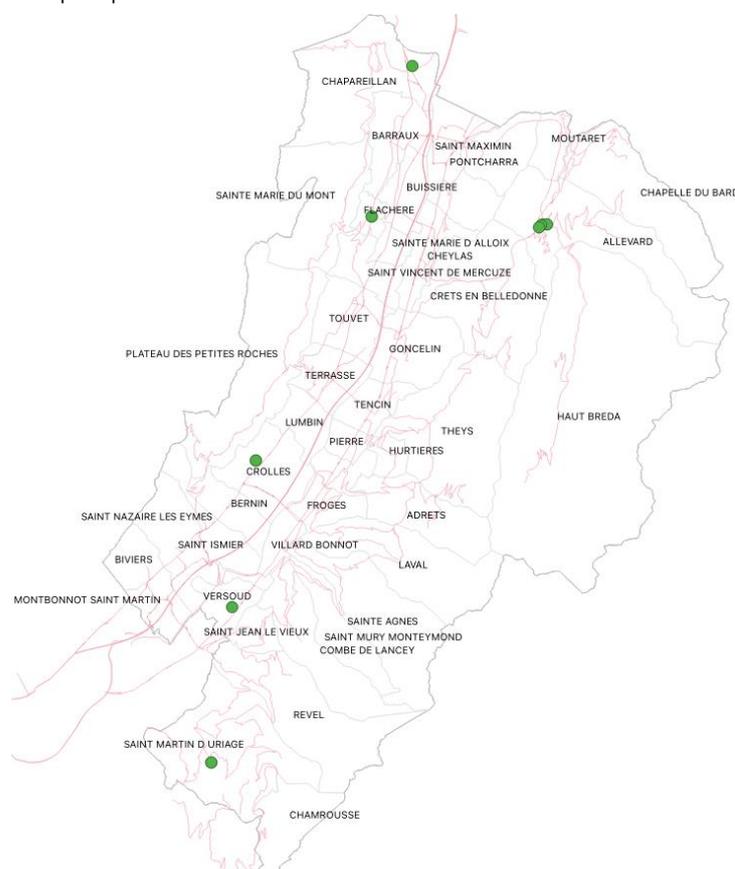


Figure 17 : Carte des forages à usage chaleur dans la BSS
Source : BRGM

Identifiant	N° INSEE commune	LIEU_DIT	NATURE	Profondeur Forage	Date	Utilisation
BSS001VVYR	38166		PUITS	25.00	20060307	SONDE-GEOTHERMIQUE.
BSS001WRET	38140	418,de la peirrade	FORAGE			CHAUFFAGE.
BSS001WREB	38140	418, Allée de la PERRADE	SONDAGE	96.00	20151021	CHAUFFAGE, SONDE-GEOTHERMIQUE.
BSS001VVEB	38075	USINE PRONER	FORAGE	33.00	19840111	POMPE-A-CHALEUR.
BSS003OCMO	38422	158, Route de Pierval	FORAGE	174.00	20191206	CHAUFFAGE.
BSS003OCMO	38422	158, Route de Pierval	FORAGE	174.00	20191206	CHAUFFAGE.
BSS001WRVY	38538	LES DEYMES	FORAGE	11.00	19791123	POMPE-A-CHALEUR.
BSS001VVYR	38166		PUITS	25.00	20060307	SONDE-GEOTHERMIQUE.
BSS001VVCU	38006	ETABLISSEMENT THERMAL A ALLEVARD	FORAGE	150.00	19831115	THERMALISME.
BSS001VVCW	38006	SCE DE BOUT DU MONDDE	PUITS	3.00	19250101	THERMALISME.
BSS001VWEN	38006	PARC THERMAL	FORAGE	29.00		THERMALISME.
BSS001VWEP	38006	PARC HERMITAGE	FORAGE	38.00		THERMALISME.

Tableau 9 : Forages liés à de la production de chaleur sur le territoire

3.5. Le photovoltaïque

→ Présentation de l'énergie photovoltaïque

Les panneaux photovoltaïques transforment l'énergie solaire (les photons) en électricité par l'effet photoélectrique. Les cellules photovoltaïques sont fabriquées avec des matériaux semi-conducteurs, le plus souvent à base de silicium.

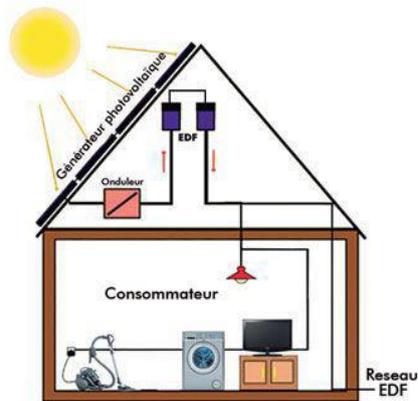


Figure 18 : illustration panneaux photovoltaïque
Source : ADEME

- Durée de vie : 20 à 30 ans, avec une dégradation des performances de 0,4%/an.
- Cycle de vie : 2 à trois ans de fonctionnement pour compenser l'énergie utilisée pour la fabrication. Les panneaux sont presque intégralement recyclables (95%)
- Unité : la puissance « crête » (exprimée en Wc) est la puissance maximale que peut produire un panneau sous un ensoleillement donné : 1 kWc = 4 à 8 m² en fonction des panneaux
- Coût d'investissement : de 1 à 3 €/Wc en fonction de la taille et de la typologie de l'installation

Atouts	Faiblesses
<p>Énergie renouvelable aujourd'hui injectée sur le réseau électrique d'EDF</p> <p>Possible presque partout</p> <p>Installation pouvant faire office de toiture</p> <p>Émergence de l'autoconsommation</p> <p>Frais de maintenance faibles</p> <p>Durée de vie de l'installation</p> <p>Facilité de l'installation</p> <p>Installation sur toiture rendant productive une surface artificialisée</p>	<p>Coût d'investissement élevé - Rentabilité délicate à obtenir compte tenu des tarifs d'achat régulièrement revus à la baisse + coût des systèmes de stockage</p> <p>Forte variabilité journalière et saisonnière de la production</p>
Opportunités	Menaces
<p>Bâtiments communaux nécessitant une rénovation de toiture ; anciens sites industriels à l'abandon à rénover pour un changement de destination ; hangars de stockage ou centre technique en création ; terrain non utilisable pour d'autres activités.</p> <p>Coût de production du kWh en baisse</p> <p>Complémentarité avec le développement du stockage de l'énergie</p> <p>Assouplissement des procédures et contraintes avec la loi Énergie-Climat</p>	<p>Intégration architecturale</p> <p>Analyse de risque sur la perte de productible sur la durée contractuelle d'achat de l'électricité (perte graduelle de performance du matériel, maintenance des installations, constructions nouvelles et croissance des arbres créant des baisses de luminosité)</p> <p>Capacité d'accueil des lignes de transport et postes de transformation électrique</p>

Tableau 10: Matrice SWOT – filière photovoltaïque

→ L'énergie photovoltaïque sur le territoire

En 2018, le territoire comptait 1 652 installations photovoltaïques dont 1 490 installations basse tension, d'une puissance inférieure à 36kVA, 5 installations basse tension d'une puissance supérieure à 36kVA, 2 installations haute tension et 151 installations de niveau de tension non-identifié.

La production totale d'énergie électrique par les panneaux photovoltaïques s'élève à 7 852 MWh et augmente de manière conséquente depuis ces dernières années. En 2022, la production a ainsi atteint 11 624 MWh.

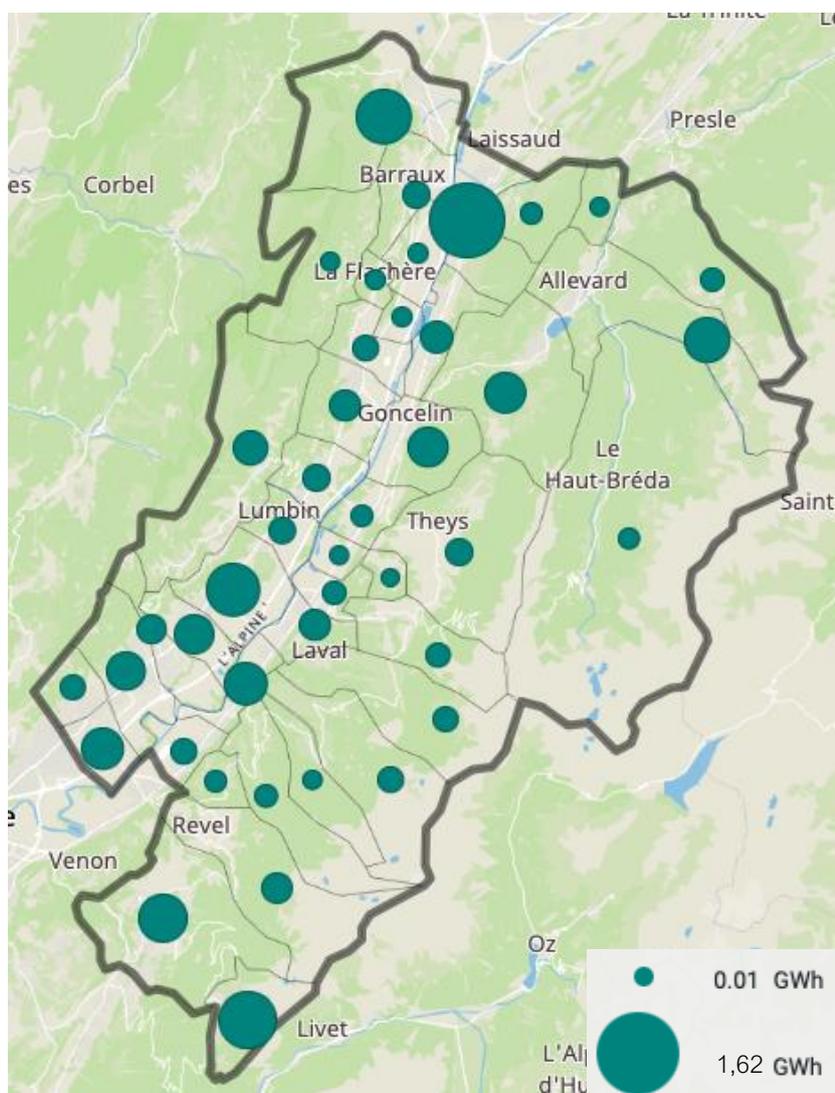


Figure 19 : Répartition géographique de la production d'électricité photovoltaïque sur le territoire du Grésivaudan
Source : terristory

Le territoire compte également un acteur engagé dans le domaine de l'énergie solaire : la SAS GRési21, 100 % bénévole, qui contribue au développement de l'énergie photovoltaïque dans le Grésivaudan à travers l'installation de centrales villageoises sur les toits de bâtiments publics et privés. Depuis sa création en 2016, elle a installé 40 centrales sur le territoire et mobilise environ 1000 citoyens. Elle est financée par des levées de fonds.

Ci-dessous la carte des centrales installées par Grési21 :

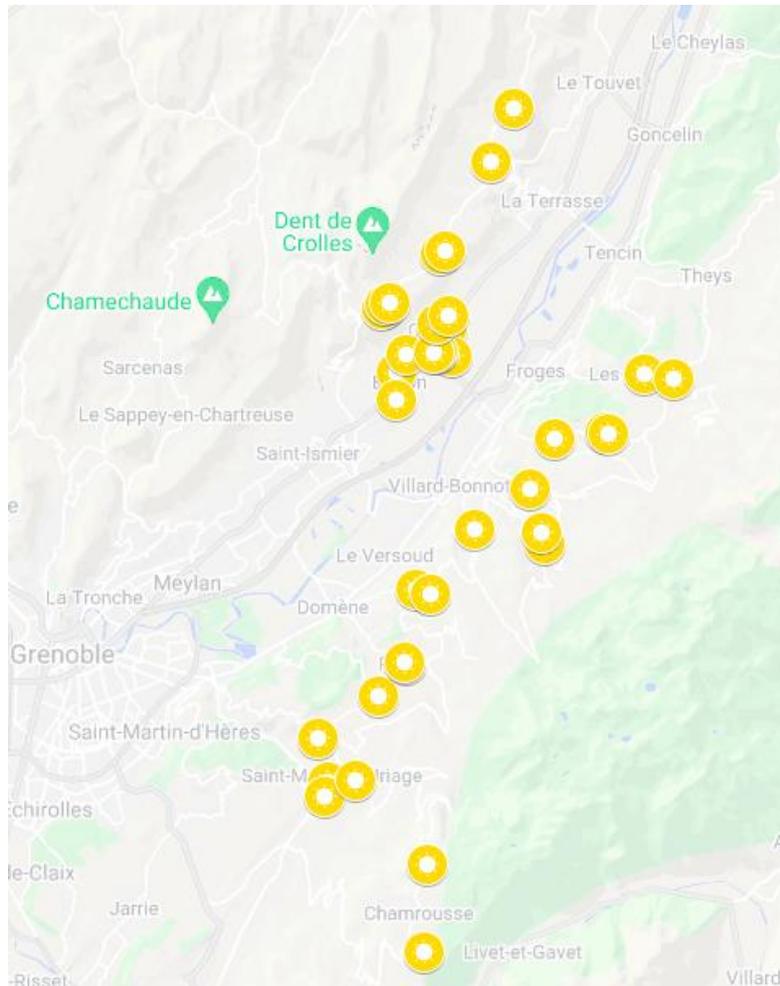


Figure 20: Carte des centrales solaires installées par Grési21 sur le territoire du Grésivaudan
Source : site Grési21

La production annuelle estimée de ces 40 centrales photovoltaïques est de **580 MWh**.

3.6. Le solaire thermique

→ Présentation de l'énergie solaire thermique

Le solaire thermique permet la production de chaleur grâce à la captation de calories provenant du rayonnement solaire. Les capteurs solaires thermiques contiennent un fluide caloporteur qui alimente un circuit hydraulique et des ballons d'eau chaude. La technologie permet la production d'eau chaude sanitaire et parfois de chauffage.

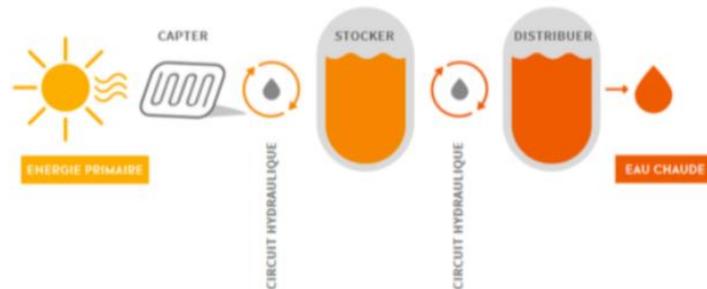


Figure 21 : Fonctionnement d'une installation solaire thermique (source : ADEME)

- Production : Entre 500 et 700 kWh/m²/an
- Densité : environ 1m² de capteur pour couvrir les besoins d'une personne en ECS
- Température de l'eau chaude produite : entre 50 et 95°C
- Coût d'investissement : entre 1000 et 1500 €/m² HT selon la technologie (chauffe-eau solaire individuel - CESI ou système solaire combiné - SSC)

Atouts	Faiblesses
<p>Énergie renouvelable en substitution d'énergie de chauffage, ressource solaire gratuite</p> <p>Possible presque partout</p> <p>Frais de maintenance faibles</p> <p>Durée de vie de l'installation</p> <p>Facilité de l'installation</p> <p>Installation sur toiture rendant productive une surface artificialisée</p>	<p>Rentabilité souvent relativement faible</p> <p>Forte variabilité journalière et saisonnière de la production</p>
Opportunités	Menaces/ Points d'attention
<p>Fortes ambitions nationales</p> <p>Assouplissement des procédures et contraintes avec la loi Énergie-Climat</p>	<p>Intégration architecturale des capteurs solaires</p> <p>Adaptation technique par rapport aux installations de chauffage existantes</p> <p>Gestion de la surchauffe des capteurs en saison estivale lorsque les besoins sont les plus faibles (capteurs à eau)</p>

Tableau 11 : Matrice SWOT – filière solaire thermique

→ L'énergie solaire thermique sur le territoire

En 2018, la production d'énergie liée au solaire thermique est de **3 915 MWh**. La surface de collecteurs associée est de 7631 m². La production solaire thermique est relativement stable et ce malgré les aides portées par la communauté de communes.

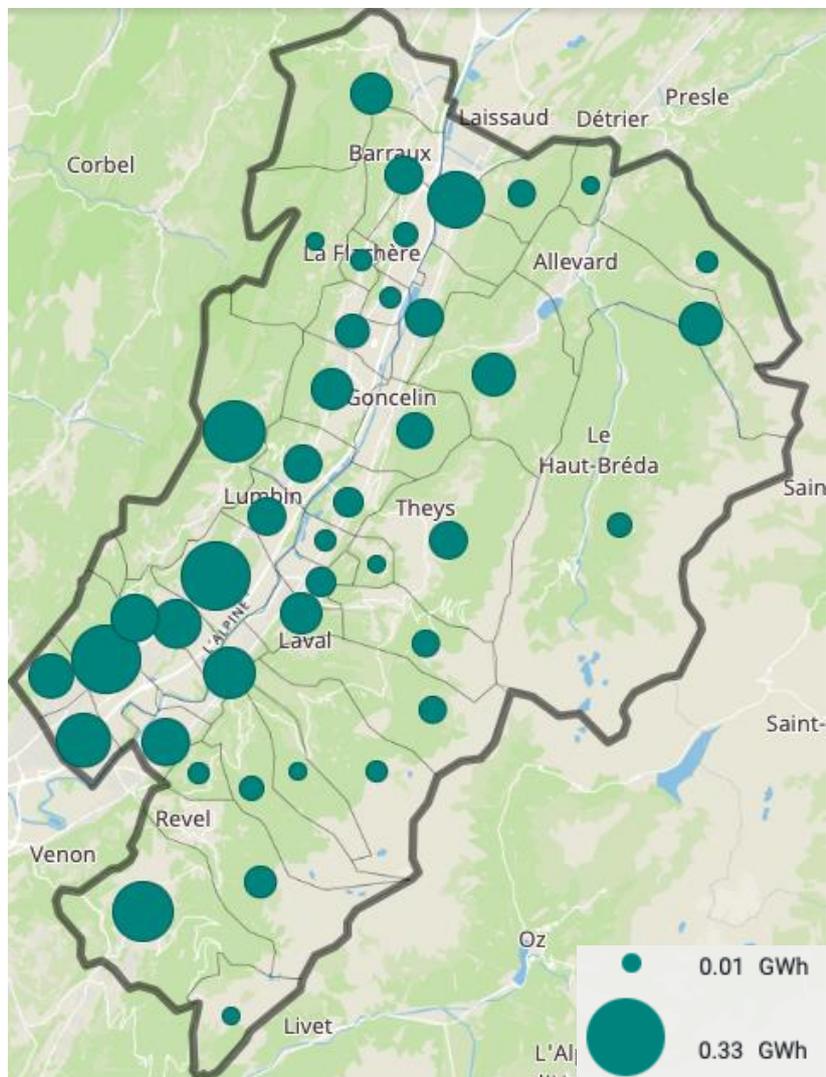


Figure 22 : Répartition géographique de la production de chaleur solaire sur le territoire du Grésivaudan
Source : terristory

3.7. Les déchets

→ La valorisation énergétique des déchets sur le territoire

Le Grésivaudan comporte une unité de valorisation des déchets située à Pontcharra.

Les déchets sont entièrement valorisés sous forme d'électricité. Cela permet la production d'environ **1 450 MWh/an**, production stable sur les années.

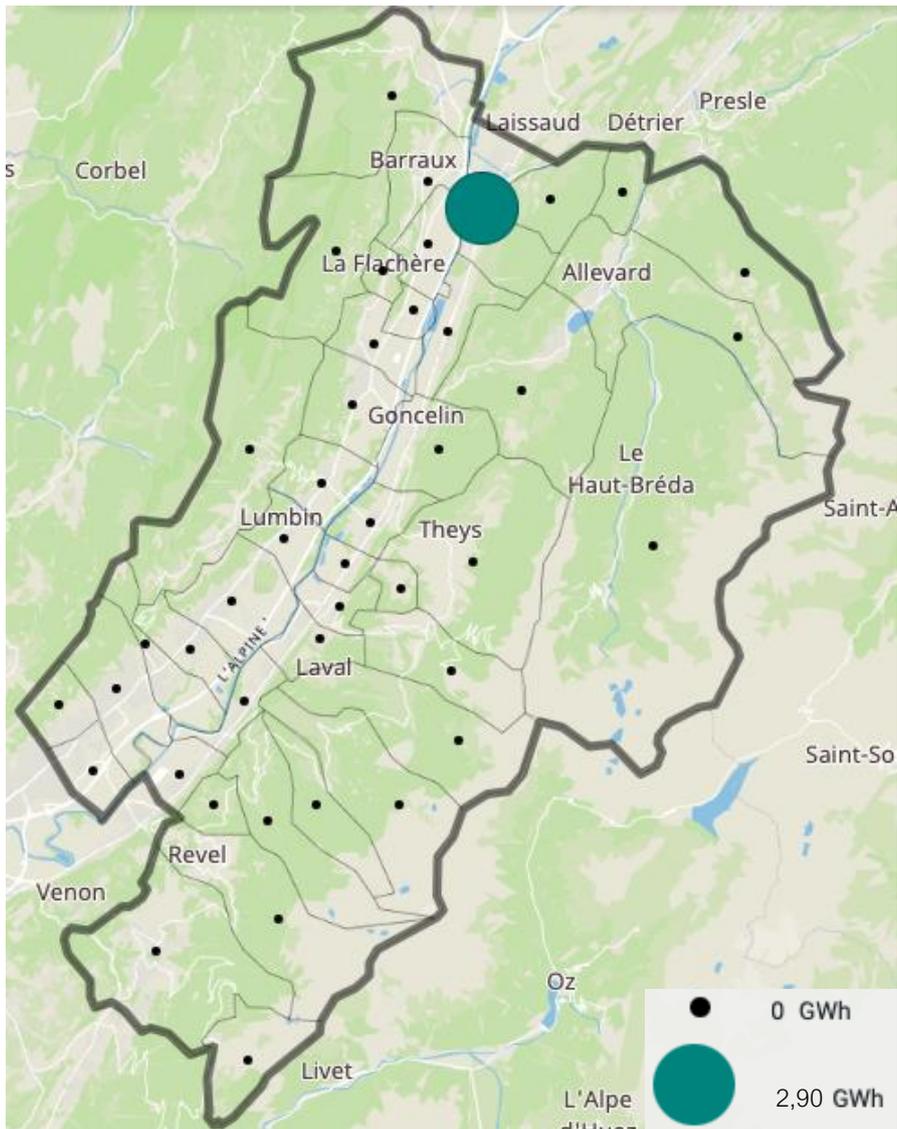


Figure 23 : Répartition géographique de la production d'énergie électrique à partir de la valorisation de déchets sur le territoire du Grésivaudan
Source : terristory

3.8. La méthanisation

→ Présentation de la méthanisation

La méthanisation est une technologie basée sur la dégradation de la matière organique par des micro-organismes. La fermentation en absence d'oxygène conduit à la production de biogaz, qui après traitement, est assimilable à du gaz naturel. La fraction restante est appelée digestat et peut servir à l'épandage ou encore au compost. Les filières de valorisation du biogaz sont les suivantes :

- la combustion dans une unité de cogénération pour produire de la chaleur et de l'électricité. Il s'agit de la solution la plus mise en œuvre à ce jour. Le biogaz peut être transporté via des réseaux dédiés vers une installation de cogénération située là où la production de chaleur est nécessaire.
- la combustion dans une chaudière pour produire de la chaleur consommée à proximité du lieu de production (ex : besoins thermiques d'une exploitation agricole)
- la production de biométhane (après traitement et épuration du biogaz) pour injection dans le réseau de transport ou de distribution de gaz naturel. Il s'agit de l'application la plus performante et à plus fort potentiel de développement à ce jour. En France, au regard des ressources disponibles sur le territoire, la LTECV a fixé un objectif d'une production de biométhane représentant 10 % de la consommation de gaz en 2030 (production de 39 à 42 TWh de biométhane).
- la production de bio-carburant ou bio-GNV (après traitement et épuration du biogaz) pour les véhicules. La France a un marché très dynamique sur ce segment avec plus de 20 575 véhicules dont 3 513 poids lourds, 3 390 bus et 1 902 bennes à ordures à la date de novembre 2019¹. L'offre de stations pour ces véhicules augmente et est aussi soutenu par des initiatives nationales comme la Loi d'Orientation des Mobilités (LOM). Le BioGNV permet une réduction de 82% des émissions de CO₂ par rapport à une motorisation diesel.

Les intrants utilisés comme matière fermentescible sont les suivants :

- Les déchets agricoles : déchets de culture (pailles, issue de silo...), les déchets d'élevage (lisier et fumier) et à moindre mesure, les cultures intermédiaires à vocation énergétique (CIVE).
- Les déchets des industries agroalimentaires et de la distribution / restauration (toute sorte de coproduits alimentaires ou boues agro-industrielles)
- Les déchets produits par les collectivités : déchets verts, déchets de cantines.
- Les ordures ménagères dont on peut valoriser la fraction fermentescible.
- Les boues issues des stations d'épuration (autorisé pour la production de biométhane depuis 2014)

Ordre de grandeur :

Un méthaniseur traitant 15 000 t/an couvre les besoins en chaleur de 500 maisons ou en carburant de 60 bus urbains.

¹ GRT Gaz, Panorama du gaz renouvelable en 2019

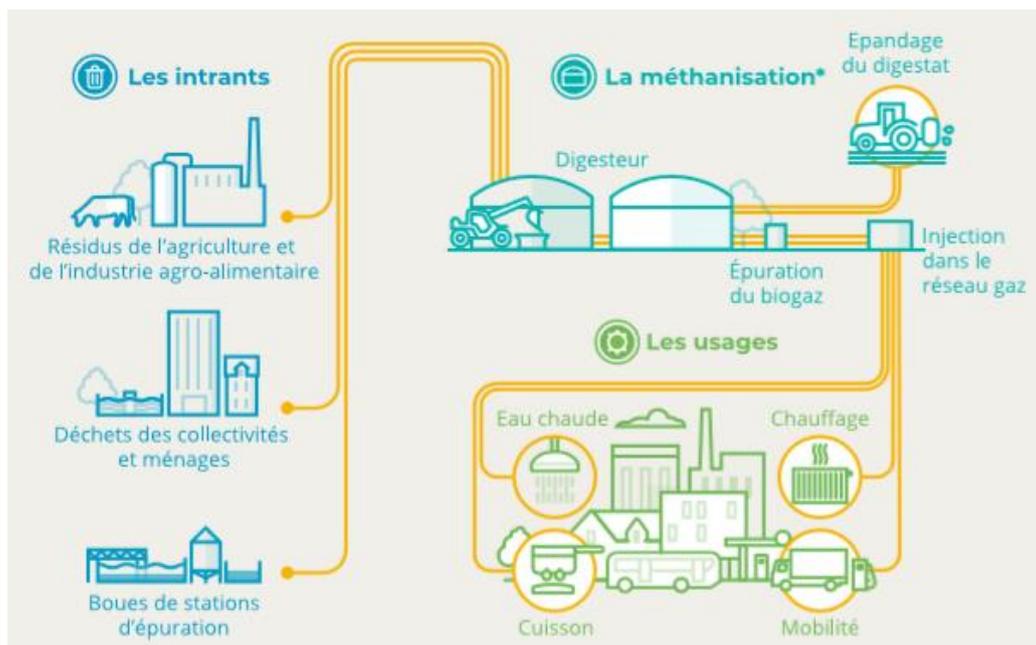


Figure 24 : Panorama des intrants et usages du biogaz (source : GRT Gaz, 2019)

Atouts	Faiblesses
<p>Énergie renouvelable + traitement des déchets</p> <p>Filière locale de traitement des effluents issus principalement de l'élevage</p> <p>Diversification de l'activité pour les agriculteurs</p> <p>Coût du MWh compétitif</p>	<p>Coût d'installation important.</p> <p>Durée de montage du projet longue (7 ans en moyenne) risquant une démotivation des parties prenantes</p> <p>Difficultés à évacuer la consommation de la chaleur produite localement</p> <p>Gestion des déchets (digestats) délicate à valoriser - Contraintes similaires aux épandages des boues de station d'épuration</p>
Opportunités	Menaces/ Points d'attention
<p>Fortes ambitions nationales</p> <p>Secteur en pleine croissance en France</p> <p>Nombreuses formes de valorisation : nombreux débouchés</p>	<p>Acceptabilité du projet par le voisinage</p> <p>Sécurisation et diversification de l'approvisionnement des matières</p> <p>Structure mutualisée entre les acteurs du projet nécessitant la création d'une structure juridique dédiée</p> <p>Recherche d'un terrain pour asseoir les installations</p> <p>Installation nécessitant la proximité d'un consommateur de chaleur pérenne dans ses besoins (12 ans mini - période contractuelle d'achat de l'électricité)</p>

Tableau 12: Matrice AFOM – filière biogaz

→ La méthanisation sur le territoire

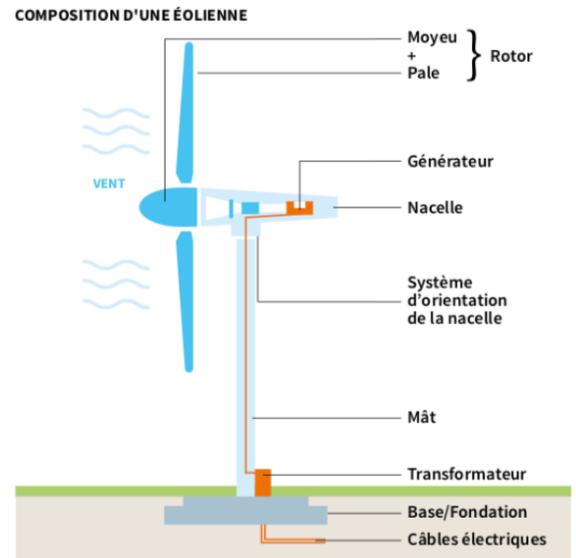
Il y a peu de projets de méthanisations recensés sur le territoire. On peut noter l'abandon de plusieurs projets sur le territoire.

L'usine Teisseire possède une unité de méthanisation, mais celle-ci est très peu documentée.

3.9. L'éolien

→ Présentation de l'éolien

Une éolienne est une machine tournante permettant de convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique de rotation. L'électricité est générée par ce mouvement via une génératrice. Le courant produit est transmis à un poste de livraison pour injection sur le réseau de transport ou de distribution d'électricité.



Le grand éolien est constitué de machines jusqu'à 180m de haut pour les modèles terrestres, avec des pâles de 100m de long (soit 280 de haut en pleine envergure). Le territoire ne dispose cependant pas de potentiel (cf. §8 page 75).

Le petit éolien (installations inférieures à 12m) est une solution technique existante, mais qui peine à se développer dans le contexte réglementaire et économique actuel. Le tableau suivant synthétise les enjeux et risques autour du petit éolien.

Avantages	Faiblesses
Énergie renouvelable Facilité d'installation hors zone urbaine	Coût d'investissement élevé Rentabilité aléatoire, donc difficilement finançable
Opportunités	Menaces/Points d'attention
Sujet expérimental d'innovation	Étude et mesure du potentiel éolien obligatoire avant projet. Proximité avec les habitations, prise en compte des nuisances sonores, visuelles, perturbation radio-électrique, et menace aviaire potentielle.

Tableau 13: Matrice AFOM – petit éolien

→ L'éolien sur le territoire

Il n'y a pas de grand éolien sur le territoire de la CC Le Grésivaudan car le potentiel est quasi-inexistant.

En revanche, du micro-éolien pourrait éventuellement être développé, mais il n'existe pas d'installation recensée aujourd'hui.

3.10. Autres énergies

D'autres énergies pourraient également être considérées dans cet état des lieux, néanmoins le manque de suivi rend très difficile leur quantification.

Nous pouvons citer en particulier les technologies de récupération de chaleur fatale et de récupération de chaleur sur les eaux usées et l'air vicié.

Il est cependant très probable que les installations potentielles qui exploiteraient ces technologies sont actuellement très minoritaires sur le territoire, ainsi l'état des lieux dressé dans ce rapport représente des ordres de grandeurs fiables malgré la non-couverture de ces quelques productions potentielles additionnelles.

PARTIE 2 : PROJETS EN COURS ET PREVUS

Filières	Objectifs 2030 par rapport à 2018	Projets engagés	Potentiels mobilisables restants
		en MWh / an	en MWh / an
Solaire Photovoltaïque	+ 113 333 MWh soit l'équivalent de 72 000 m ² (41 % du potentiel)	<ul style="list-style-type: none"> Centrales villageoises par Grési21 à 2022 : 1 164 MWh.an Le Cheylas (centrale PV flottant EDF énergies nouvelles) : 37,9 MWhc soit 47 000 MWh.an Autres projets privés : inconnus 	<ul style="list-style-type: none"> Maisons individuelles (17 380 logements) : 52 170 MWh LC et tertiaires (420 000 m²) : 101 768 MWh Grandes toitures (100 %) : 114 500 MWh Ombrières parking : 13 000 MWh
Solaire thermique	+ 33 333 MWh	<ul style="list-style-type: none"> Installation par des particuliers 	<ul style="list-style-type: none"> Sur le neuf : + 912 MWh <p>Hypothèses d'équipement :</p> <ul style="list-style-type: none"> 65 % des maisons individuelles existantes (soit 17 447 logements) : 50 474 MWh 62 % des logements collectifs existants (soit 145 bâtiments), 62 % des bâtiments tertiaires et 97 % des équipements sportifs et de loisir (soit 423 bâtiments) <p>=> logements collectifs + bâtiments tertiaires : + 8 974 MWh</p> <ul style="list-style-type: none"> On équipe en systèmes solaires combinés 65 % des maisons individuelles chauffées au fioul ou au propane (soit 4 362 bâtiments).
Chaleur fatale	+ 98 333 MWh	Non connus	<ul style="list-style-type: none"> Entreprises identifiées (Winoa, Fonderie Giroud, Ahlstrom) : inconnu (études spécifiques à lancer) Valorisation industrielle interne (estimation) : + 344 100 MWh
Aérothermie	+ 73 333 MWh soit l'équivalent de 8 150 logements	Non connus	<ul style="list-style-type: none"> Sur l'existant : + 636 794 MWh Sur le neuf : + 32 871 MWh
Bois domestique	+ 58 333 MWh soit l'équivalent du remplacement de 5 000 poêles par des équipements performants	Prime Air-Bois	<ul style="list-style-type: none"> Remplacement poêles : + 179 489 MWh soit les 15 884 équipements sur le territoire (100 %) Nouveaux poêles : + 37 164 MWh soit 3 289 maisons

			<ul style="list-style-type: none"> Chaudières individuelles : + 44 308 MWh.an soit 2 014 maisons Sur le neuf : + 1 278 MWh.an (287 maisons.an)
Chaufferie bois et réseau de chaleur	+ 36 667 MWh	<p>Dans le cadre d'appels à projets entre 2017 et 2020, l'AGEDEN a accompagné 13 projets de réseaux de chaleur sur le territoire du Grésivaudan, qui sont à des stades d'avancement variés :</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 mini réseau à Barraux ; 1 réseau à Crêts en Belledonne ; 1 réseau à la Combe de Lancey ; 1 réseau à Chamrousse ; ; 1 réseau au Versoud d'une puissance de 400 kW ; ; 2 réseaux aux Adrets ; ; 3 réseaux au Plateau des Petites Roches : un à Saint-Bernard, un à Saint-Pancrasse et un à Saint-Hilaire ; 1 réseau à Saint-Martin d'Uriage ; ; 1 réseau à La Ferrière ; ; 1 réseau au Touvet ; 	<p>Logements collectifs : + 8 840 MWh soit 68 logements d'une puissance de 32 KW</p> <p>Industriel : + 22 000 MWh soit l'équivalent de 11 bâtiments d'une puissance de 500 KW</p> <p>Réseaux : + 18 000 MWh soit l'équivalent de 9 RCU d'une puissance de 500 KW</p>
Hydroélectricité	+ 33 333 MWh	<p>Projets de nouveaux ouvrages : 8 600 MWh + + 3 autres projets non évalués (Bussière, Le Touvet et Tencin)</p> <ul style="list-style-type: none"> Un projet de centrale hydro-électrique par GEG à Saint-Martin d'Uriage sur le ruisseau du Vernon, pour lequel un avis favorable a été émis par le CM en septembre 2019 ; Un projet de 5,2 GWh/an sur la rivière du Doménon, entre Revel et Saint-Martin d'Uriage ; Un projet de 3,4 GWh/an à La Terrasse ; Un projet pour 3 centrales sur les communes de La Bussière, Le Touvet et Tencin a été soumis. La décision du préfet a été qu'une étude environnementale doit être réalisée ; Une enquête publique a eu lieu en 2019 concernant la création d'un ouvrage hydraulique sur le torrent du Haut-Bens. 	<ul style="list-style-type: none"> Optimisation de l'existant : + 15 000 MWh (32 centrales en fonctionnement) Nouveaux ouvrages : + 25 250 MWh (voir étude EnR) <ul style="list-style-type: none"> 4 mini centrales de 4,85 MW (19,4 MWh) 6 micro centrales de 1,25 MW (5,85 MWh) Turbinage : + 690 MWh <ul style="list-style-type: none"> La terrasse : 20 KW pour 180 MWh.an Froges : 18 KW pour 140 MWh Saint-Martin d'Uriage : 9 KW pour 70 MWh Saint-Hilaire : 20 KW pour 150 MWh Autres non déterminés : Saint Marie du Mont, Saint Bernard
Déchets et agrocarburants	+ 31 667 MWh	Non connus	<ul style="list-style-type: none"> Électrique : + 40 492 Thermique : + 35 500
Géothermie	+ 16 667 MWh	Non connus	<ul style="list-style-type: none"> Maisons individuelles (sondes verticales) : + 115 052

			<ul style="list-style-type: none"> • Industriels (sondes verticales + sur nappe) : + 35 500 • Sur le neuf : + 1 400
Biogaz (méthanisation territoriale hors STEP)	+ 10 000 MWh	Méthaniseur à Tencin : inconnu	<ul style="list-style-type: none"> • Électrique : + 10 300 • Thermique : + 11 500

PARTIE 3 : POTENTIELS DE DEVELOPPEMENT THEORIQUES

1. CADRAGE

1.1. Méthodologie utilisée

Cette partie s'intéresse aux potentiels de développement des énergies renouvelables sur le territoire du Grésivaudan. Cette étude de potentiel a pour but de donner un panorama des possibilités de développement des énergies renouvelables sur le territoire, afin d'orienter les réflexions sur les énergies les plus intéressantes pour le Grésivaudan.

Dans le cadre de la démarche TEPOS, une étude très complète de potentiel de développement des ENR a été menée en 2015². A noter, ces valeurs de potentiels déterminées sont des valeurs **théoriques, calculées selon certaines hypothèses choisies**, que nous détaillons dans les paragraphes suivants pour chaque énergie. Elles correspondent au nombre maximum d'installations d'énergies renouvelables qui peuvent être développées sur le territoire, en excluant les zones contraintes, et en considérant des cibles précises. Ainsi, **le potentiel de chaque énergie est calculé sans considérer les autres énergies**. Ces potentiels présentent en particulier des « double-comptes entre les énergies » et ne peuvent pas toujours être sommés ; par exemple, certains toits sont considérés à la fois pour les collecteurs solaires thermiques et les panneaux photovoltaïques. D'autre part, certaines énergies renouvelables ne sont pas compatibles et combinables ; par exemple, il est inutile d'installer des collecteurs solaires thermiques si on possède déjà une chaudière au bois performante.

Le choix des énergies à prioriser sera établi dans le cadre du scénario territorial. C'est à cette étape qu'un travail devra être fait pour définir quelles énergies sont à privilégier sur quel périmètre, en supprimant ainsi les double-comptes et les incompatibilités.

1.2. Actualisation des potentiels depuis 2016

Une part des potentiels présentés ici ont été établis dans une étude de 2016 basée sur des données de 2011 à 2015. En particulier, le patrimoine bâti considéré est celui recensé par l'INSEE sur des données 2011. Or il y a eu des évolutions sur le territoire depuis. En effet, le portrait de territoire publié par l'INSEE nous montre qu'entre 2013 (année la plus proche disponible dans la série temporelle – on recense alors 39617 résidences principales) et 2018 (42 289 résidences principales) le nombre de résidences principales a augmenté de 6,7%.

Considérant :

- l'absence d'information sur le mode de chauffage dans les nouvelles constructions,
- la faible proportion du neuf par rapport à l'existant, et ses performances énergétiques supérieures, qui induisent donc un poids moindre dans le bilan de consommation du territoire,
- les hypothèses et les incertitudes non négligeables retenues dans l'élaboration des potentiels (présentées dans la suite),

Il ne paraît pas utile de corriger les estimations du potentiel de développement établies dans le schéma de développement des ENR de 2016 pour tenir compte des nouvelles constructions.

² SCHEMA DE DEVELOPPEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES SUR LE TERRITOIRE DU GRESIVAUDAN - MARS 2016 - AXENNE

1.3. Actualisation des potentiels par la concertation

Les diagnostics ici présentés doivent être présentés aux parties prenantes concernées, afin d'une part de les enrichir au besoin, et d'autre part de construire sur cette base la stratégie du territoire.

Aussi, les principaux sujets suivants seront abordés dans le cadre de la concertation :

- la pertinence du développement de la micro-hydraulique dans le contexte local et réglementaire ;
- un point sera fait avec les porteurs de projet de méthanisation en cours ou abandonnés pour mieux identifier les opportunités et les freins au développement sur cette énergie ;
- un point sera fait avec les gros consommateurs pour mieux identifier les potentiels disponibles et la capacité ou l'intérêt à les mettre en œuvre ;
- Les actions mises en place ces dernières années ont contribué à développer le bois-énergie, en particulier la Prime Air Bois mise en œuvre. On évaluera l'impact de cette Prime Air Bois par rapport au scénario retenu dans la stratégie.

2. EN SYNTHÈSE

2.1. Récapitulatif des potentiels

Les potentiels identifiés dans les chapitres suivants et à retenir pour la phase stratégie sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Ressource	Potentiel annuel (GWh/an)	Commentaires
Bois-énergie	314	Potentiel de mise en place de chaleur bois dans tous les bâtiments du territoire, en chauffage individuel comme collectif, ainsi que dans les réseaux de chaleur.
Solaire photovoltaïque	275	Potentiel de développement de photovoltaïque sur toutes les zones artificialisées du territoire : bâtiments, parkings... Il n'est pas considéré de champ photovoltaïque au sol dans ce potentiel.
Géothermie	167	Potentiel de mise en place de production géothermique, principalement dans le résidentiel et via des pompes à chaleur sur sondes verticales dans les zones favorables (en vallée surtout).
Déchets	76	Potentiel sur la base de la valorisation maximale (chaleur + électricité) de tous les déchets valorisables du territoire
Solaire thermique	63	Potentiel de développement de solaire thermique sur les bâtiments pertinents : logements, tertiaire médico-social, équipements sportifs...
Hydroélectricité	41	Potentiel d'optimisation de l'existant (15 GWh) et de développement d'une dizaine de petits projets nouveaux tenant compte des contraintes réglementaires et environnementales fortes qui encadrent la filière (25 GWh).
Méthanisation	22	Le potentiel de méthanisation, relativement faible, est principalement d'origine agricole, avec comme intrants principaux identifiés les déchets verts, du fumier/lisier, et des résidus de cultures.
Énergie fatale	A affiner en concertation	La pertinence de la récupération de chaleur sur les gros consommateurs d'énergie du territoire doit être étudiée avec eux.
Aérothermie	Peu pertinente	Avec des températures négatives très régulières en hiver, la performance des pompes à chaleur sur air est très dégradée.
Petit Éolien	Expérimental aujourd'hui	Le grand éolien n'étant pas pertinent sur le territoire, et le petit éolien restant aujourd'hui à l'état expérimental, il n'y a pas de potentiel utilisable associé à l'énergie éolienne.

Tableau 14 : Potentiels par énergie sur le territoire

Cela permettrait d'atteindre 718 GWh (en considérant 50% du potentiel bois et 50% du potentiel thermique) en plus de la production actuelle, soit 1 152 GWh, pour un objectif 2050 de 1 295 GWh d'ENR.

Ces potentiels ne sont pas cumulables, car un même bâtiment ne peut être équipé à la fois de bois-énergie et de géothermie, par exemple. Ils permettent de **mettre en évidence les grands enjeux pour les ENR** sur le territoire :

- **Chaleur renouvelable dans les bâtiments**, qu'elle soit géothermique ou biomasse ;
- **Photovoltaïque** sur les zones artificialisées.

2.2. Pistes pour la stratégie

Le potentiel de développement des ENR identifié dans les chapitres précédents permet d'identifier des pistes de réflexions pour la phase stratégie.

En ce qui concerne l'aménagement et la construction, on peut ainsi identifier la pertinence des différentes énergies à promouvoir, en fonction des typologies de bâtiments.

Typologie de construction	Bois- énergie	Solaire photovoltaïque	Géothermie	Solaire thermique
Logements Individuels	***	***	***	*
Logements Collectifs	***	***	***	***
Hébergement hôtelier	**	***	***	***
Commerce	*	***	**	-
Bureaux	**	***	***	-
Artisanat	**	***	**	-
Industriels	***	***	**	*
Agricoles	-	***	-	-
Entrepôts	-	***	-	-
Service public : enseignement-recherche	***	***	***	-
Service public : action sociale	***	***	***	-
Service public : santé	***	***	***	***
Service public : culture loisirs	***	***	***	**

Tableau 15 : Potentiel par énergie selon les typologies de bâtiments

3. HYDROELECTRICITE

Le potentiel hydraulique du Grésivaudan est déjà exploité en grande partie : le territoire comporte déjà des centrales de haute puissance et, a priori, aucune autre installation équivalente ne pourra être installée sur le territoire. Cette énergie représente près de 79% de la production d'énergie renouvelable du territoire (46% en excluant les productions des centrales de capacité supérieure à 4,5MW, qui participent à l'équilibre national et dont la production n'est, a priori, pas consommée sur le territoire directement).

Malgré l'exploitation déjà importante de la ressource hydraulique dans la communauté de communes, 3 axes de développement de l'hydroélectricité ont été étudiés : l'optimisation de l'existant, la création de nouveaux ouvrages et les projets de turbinage de l'eau potable et des eaux usées.

3.1. Optimisation de l'existant

L'optimisation de l'existant consiste à la fois en la rénovation des équipements en place, et en le turbinage des débits réservés. L'étude de 2015 a estimé, conformément à l'objectif du SRCAE, qu'à horizon 2030 la production pourrait être majorée de **15 GWh/an** en procédant à l'optimisation des installations existantes.

3.2. Création de nouveaux ouvrages

→ Potentiel et contraintes

En 2008, une étude a été réalisée par le CETE de Lyon afin de déterminer les potentiels hydroélectriques de la Région Rhône-Alpes ; ci-dessous, la carte présentant les résultats concernant le Grésivaudan.

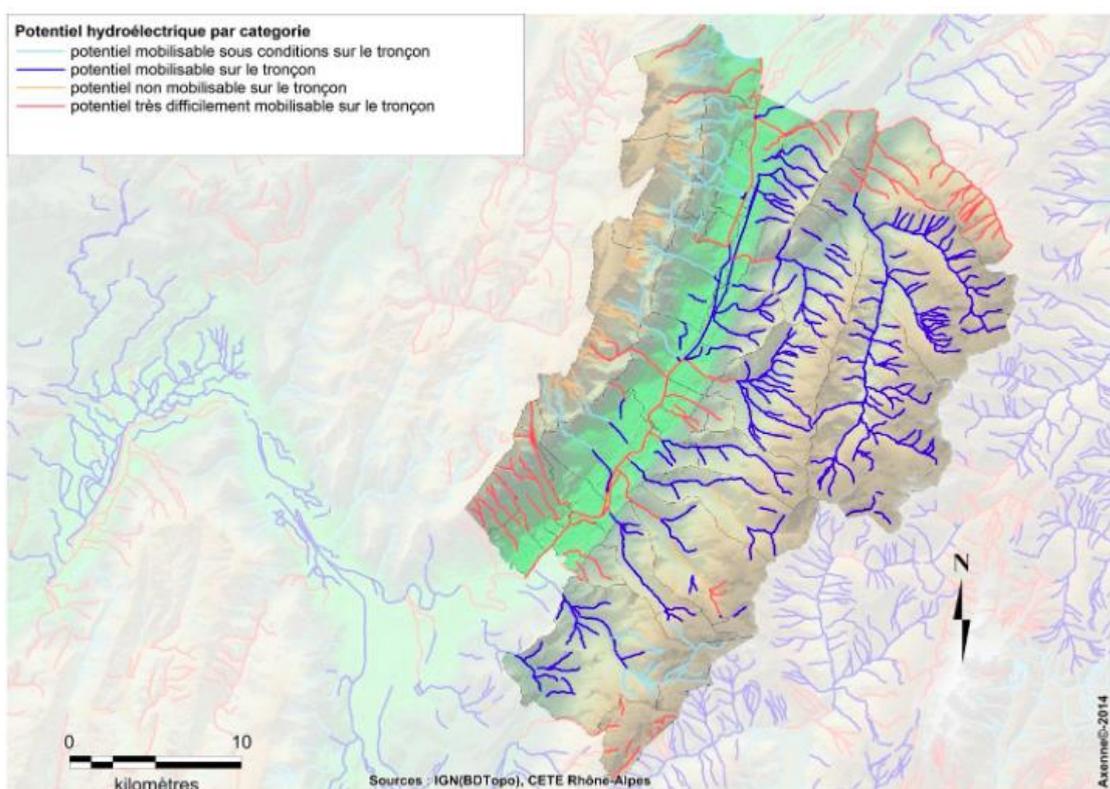


Figure 25 : Carte du potentiel hydroélectrique par catégorie de cours d'eau défini avant le classement des cours d'eau
Source : CETE 2008

Cette étude a été complétée par une seconde datant de 2012, menée par la DREAL et l'Agence de l'eau afin de tenir compte du classement des différents cours d'eau :

- Pour les cours d'eau classés sur la liste n°1, « aucune autorisation ou concession ne peut être accordée pour la construction de nouveaux ouvrages s'ils constituent un obstacle à la continuité écologique », ce qui n'exclut pas nécessairement les installations hydroélectriques.
- Les cours d'eau classés sur la liste n°2 peuvent être équipés d'aménagements hydroélectriques "traditionnels" pourvu que l'ouvrage soit « géré, entretenu et équipé » afin « d'assurer le transport suffisant des sédiments et la circulation des poissons migrateurs ».

La carte synthétisant les résultats de l'étude est présentée ci-dessous :

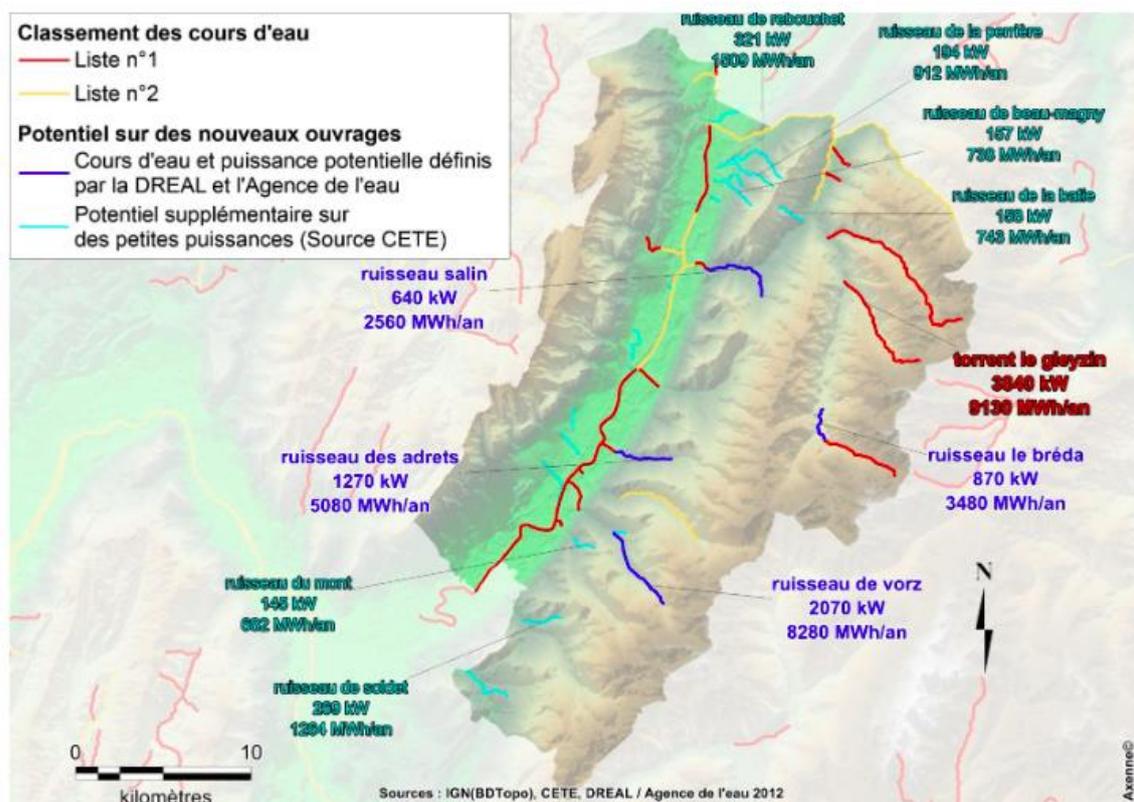


Figure 26 : Carte de synthèse du potentiel hydroélectrique
Source : DREAL / Agence de l'eau 2012 et CETE 2008

L'étude a permis de déterminer la possibilité de création de **4 mini-centrales** (en bleu sur la carte), ainsi que **6 micro-centrales** (en vert sur la carte).

Projet	Nombre d'installations	Puissance totale (MW)	Production estimée (GWh/an)
Mini-centrales	4	4,85	19,4
Micro-centrales	6	1,25	5,85

Tableau 16 : Récapitulatif des potentiels de mini et micro-hydro

Note : les 6 micro-centrales n'étaient pas économiquement viables au moment de l'étude.

Le potentiel estimé par la création de nouveaux ouvrages est donc d'environ **25 GWh/an**. Ce potentiel est à considérer comme un ordre de grandeur, et pas réellement comme une limite non dépassable. En effet, il est possible que de nouveaux projets se développent en dehors des sites étudiés, mais cela ne peut être facilement anticipé tant la diversité des sites envisageables est difficile à cartographier.

Le rapport de 2015 souligne par ailleurs le risque d'investir dans des installations hydrauliques alors que cette ressource a de fortes chances d'être impactée par les conséquences du changement climatique.

Grési21 souhaite également développer le pico-hydro via son projet « Impulsion HYDRO » qui vise à utiliser les anciens moulins, les seuils sur les cours d'eau, les eaux d'usines etc. Aucun potentiel n'a été chiffré.

3.3. Projets de turbinage de l'eau potable et des eaux usées

Dans l'étude de 2015, trois sites permettant le turbinage de l'eau potable ont été identifiés :

- **La Terrasse**

Une pico-centrale de puissance 20kW ayant la capacité de produire **180 MWh/an** pourrait être installée sur le réservoir de la station de traitement de l'eau, située 355m en contrebas de la station.

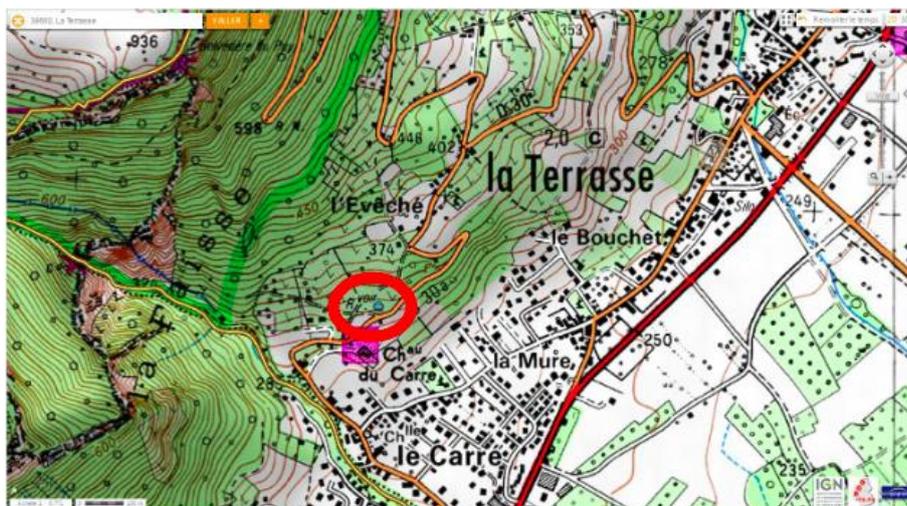


Figure 27 : Positionnement de l'installation de turbinage de l'eau potable identifiée sur la commune de la Terrasse
Source : Étude d'Axenne

- **Froges**

Une pico-centrale de puissance estimée à 18 kW permettant une production de **140 MWh** par an pourrait être installée sur le réservoir situé au-dessus des Jaures, qui est 300m en contrebas du brise charge.

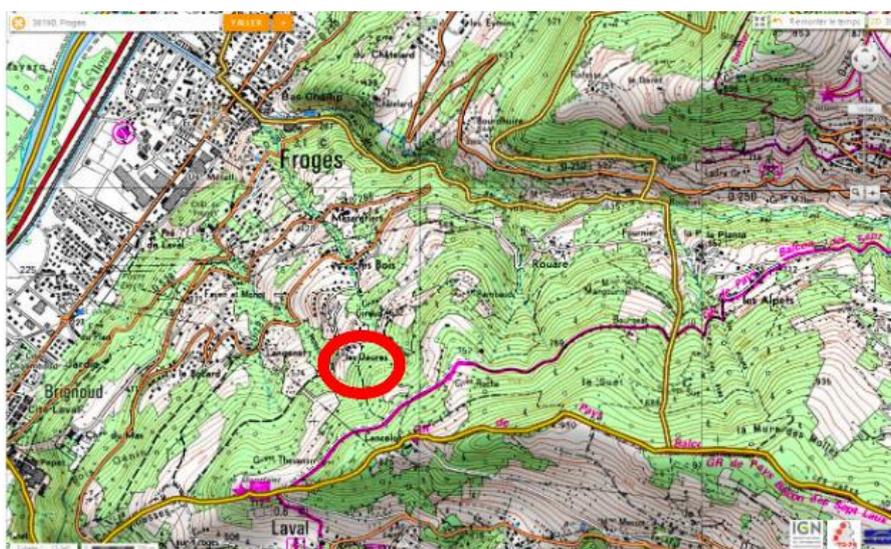


Figure 28 : Positionnement de l'installation de turbinage de l'eau potable identifiée sur la commune de Froges
Source : Etude d'Axenne

- Saint-Martin d'Uriage

Une pico-centrale pourrait être implantée au lieu-dit Le Sonnant ; sa puissance estimée est de 9 kW est la production annuelle de 70 MWh.

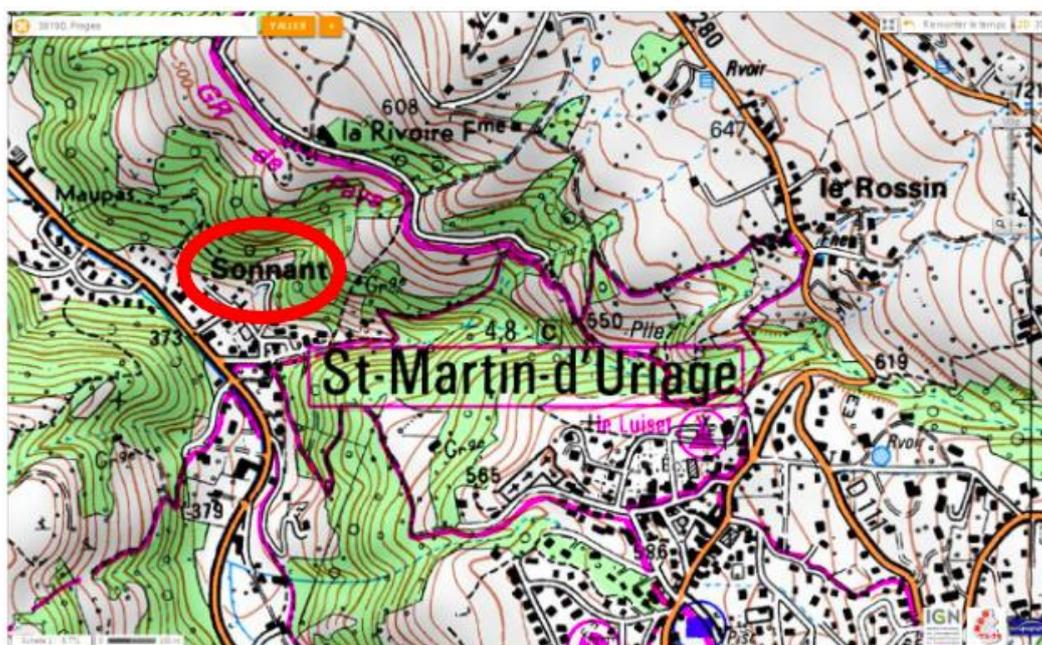


Figure 29: Positionnement de l'installation de turbinage de l'eau potable identifiée sur la commune de Saint-Martin d'Uriage

Source : Etude d'Axenne

Par ailleurs, un site de turbinage de l'eau usée a été identifié sur la conduite en parallèle du funiculaire de Saint-Hilaire. Cette installation de puissance 20kW permettrait une production annuelle de 150 MWh.

NOM	PUISSANCE ELECTRIQUE (KW)	PRODUCTION (MWH/AN)
LA TERRASSE	20	180
FROGES	18	140
SAINT-MARTIN D'URIAGE	9	70
SAINT-HILAIRE	20	150
TOTAL GRESIVAUDAN	67	540

Tableau 17 : Récapitulatif du potentiel de turbinage de l'eau potable sur le territoire

La réalisation de ces ouvrages n'était pas économiquement viable au moment de la réalisation du diagnostic.

Par ailleurs, une étude sur les potentiels de turbinage de l'eau potable sur le territoire du Parc Régional de Chartreuse datant de 2019 est venue compléter les potentiels déterminés par Axenne. Notamment, des sites potentiels de turbinage ont été identifiés à Sainte-Marie du Mont et à Saint-Bernard du Touvet. S'il est très intéressant d'exploiter au maximum ces potentiels, qui représentent une production continue et prédictible, ils ne sont pas aujourd'hui chiffrés précisément, et ils resteront marginaux par rapport aux objectifs de développement du territoire.

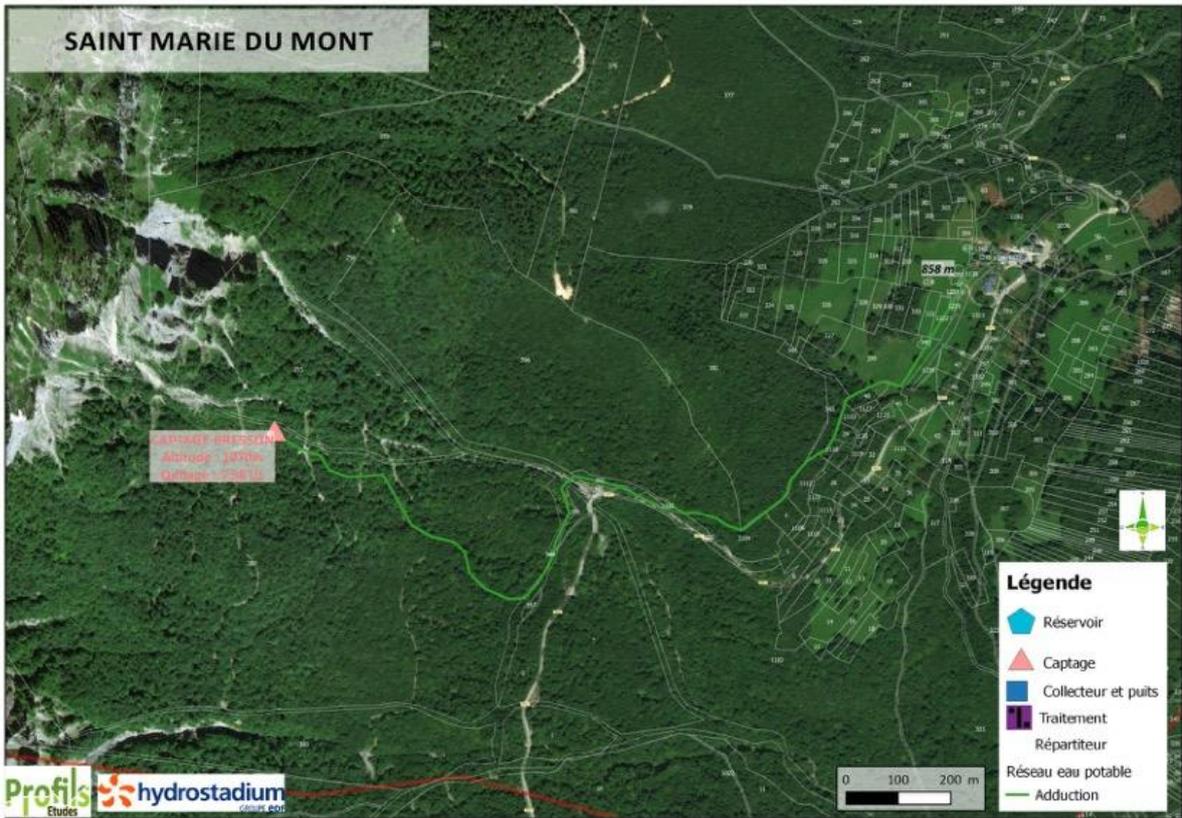


Figure 30 : Potentiel de turbinage de l'eau potable sur le site de Bresson à Sainte-Marie du Mont

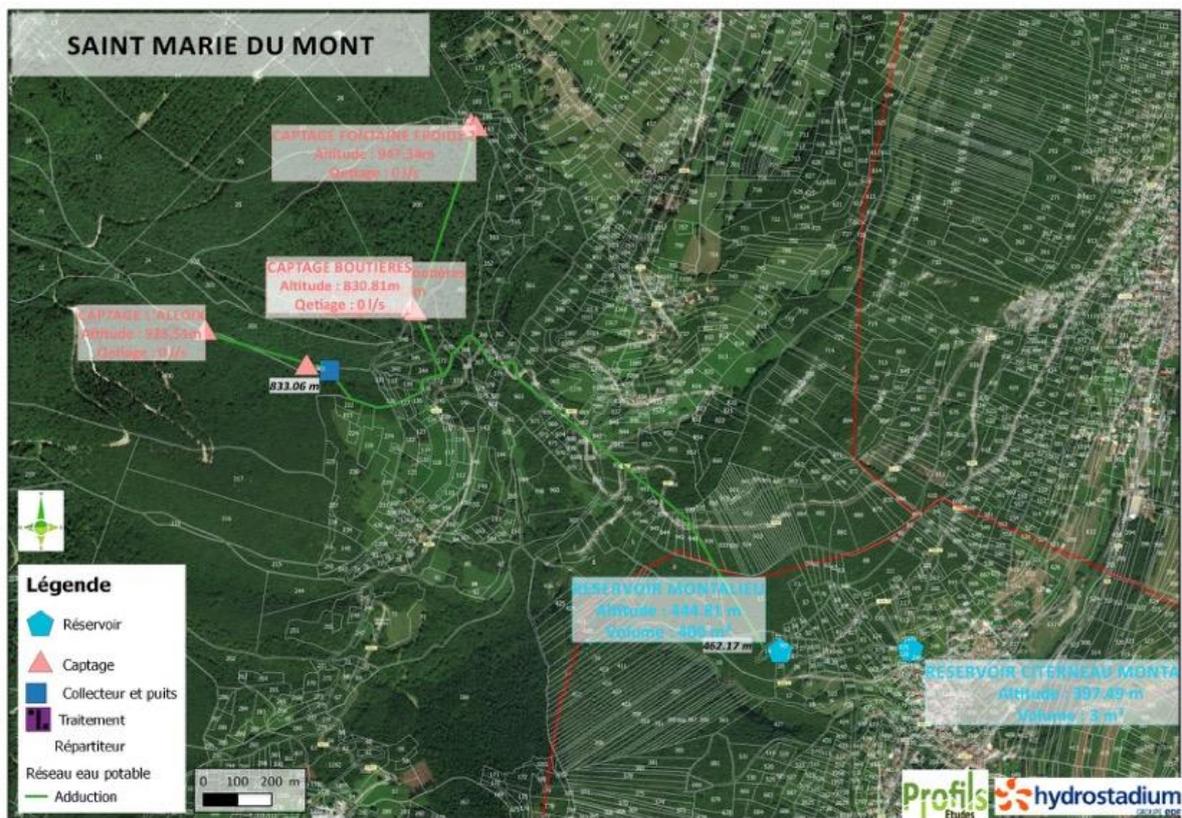


Figure 31 : Potentiel de turbinage de l'eau potable sur le site de Montalieu à Sainte-Marie du Mont

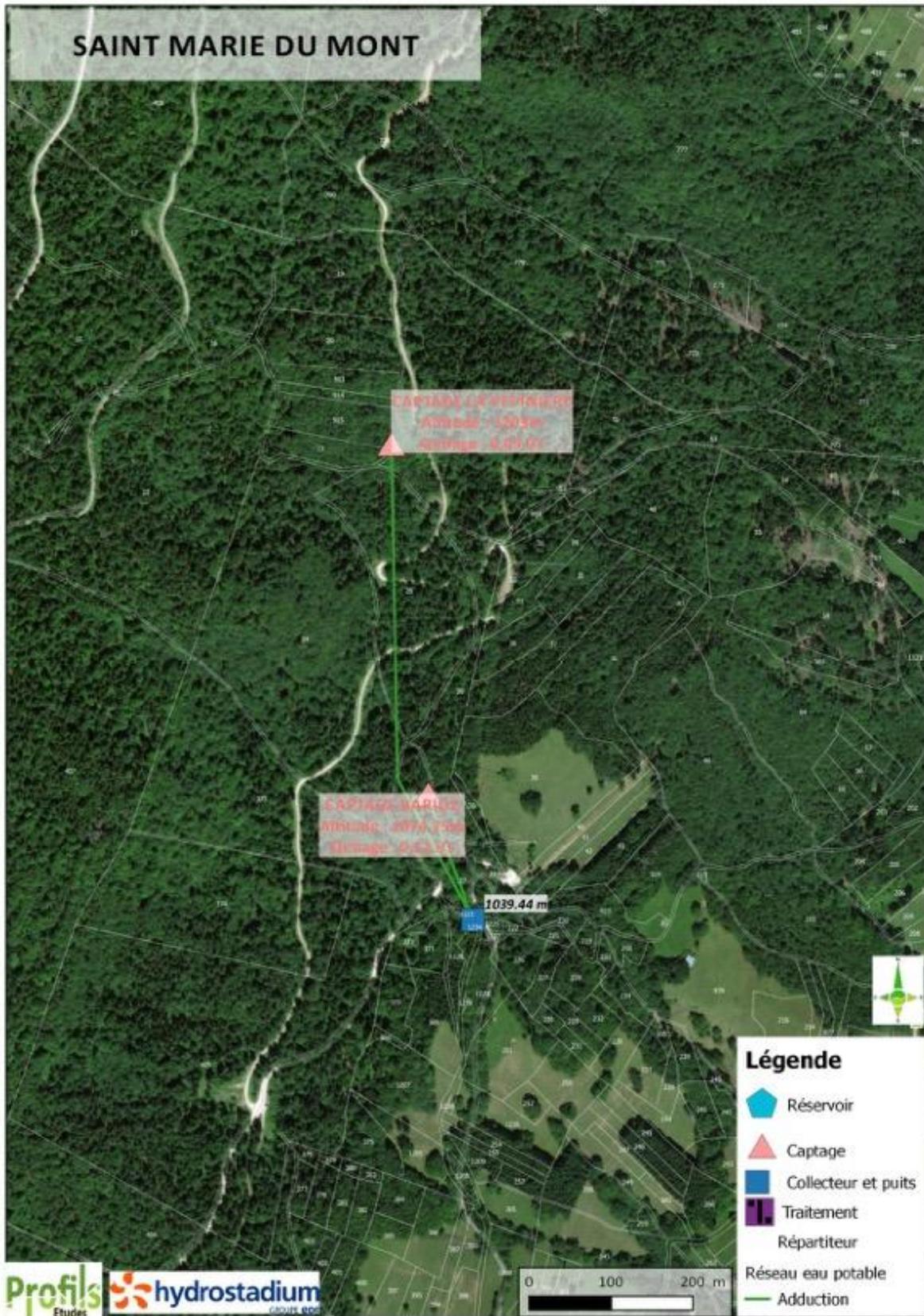


Figure 32 : Potentiel de turbinage de l'eau potable sur le site de Pépinière à Sainte-Marie du Mont

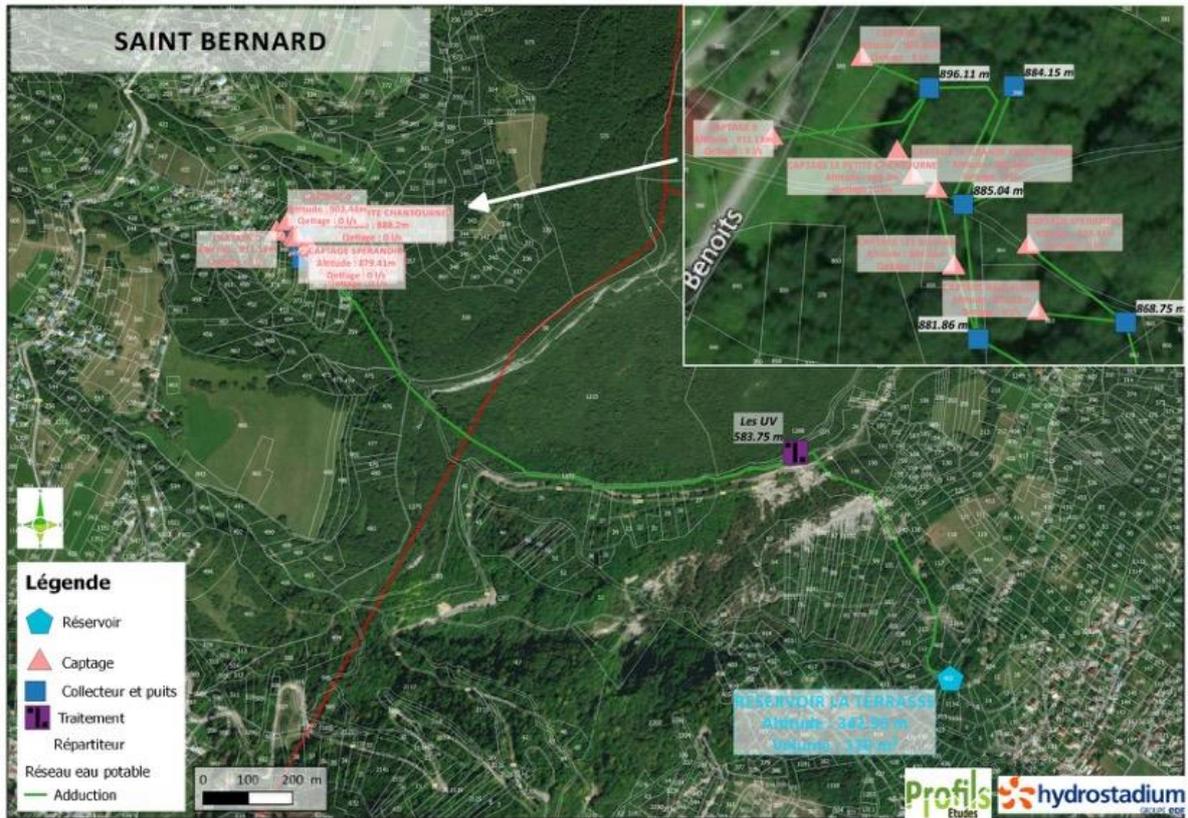


Figure 33 : Potentiel de turbinage de l'eau potable sur le site de La Dhuy à Saint-Bernard



Figure 34 : Potentiel de turbinage sur le site de La Terrasse à Saint-Bernard

3.4. Récapitulatif hydroélectricité

Le potentiel de développement de la ressource hydraulique à horizon 2050 peut être synthétisé de la manière suivante :

Production annuelle (MWh/an)	
Optimisation de l'existant	15 000
Création de nouveaux ouvrages	25 250
Turbinage de l'eau potable	540
Turbinage des eaux usées	150
TOTAL	40 940

Tableau 18 : Récapitulatif du potentiel hydroélectrique sur le territoire

Note : les ouvrages en cours de réalisation en 2015, et achevés depuis lors, sont comptabilisés dans l'existant. Les chiffres peuvent donc différer de ceux du rapport de l'étude publiée en 2016.

En conclusion, l'énergie hydroélectrique est déjà bien exploitée sur la communauté de communes du Grésivaudan. Néanmoins, comme le montre le schéma de développement des ENR publié en 2016, des projets de micro et mini-hydro ou de turbinage des eaux potables et usées peuvent encore être installés, en plus d'optimiser les installations existantes. La production annuelle estimée de ces installations est de **41 GWh** par an. La puissance de ces projets sera certes faible devant certaines installations du territoire, mais cela ne les rend pas négligeables pour autant.

On notera également que le choix a été fait d'estimer des projets dont la rentabilité économique semble envisageable à horizon 2050. Néanmoins, cela ne signifie pas qu'aucun autre projet ne pourra voir le jour, en fonction des évolutions de contexte. Par ailleurs, il est important de souligner que ce potentiel estimé ne couvre pas de façon exhaustive tous les ouvrages qui pourront être étudiés à l'avenir.

4. LA BIOMASSE

4.1. La biomasse combustible

→ La ressource du Grésivaudan

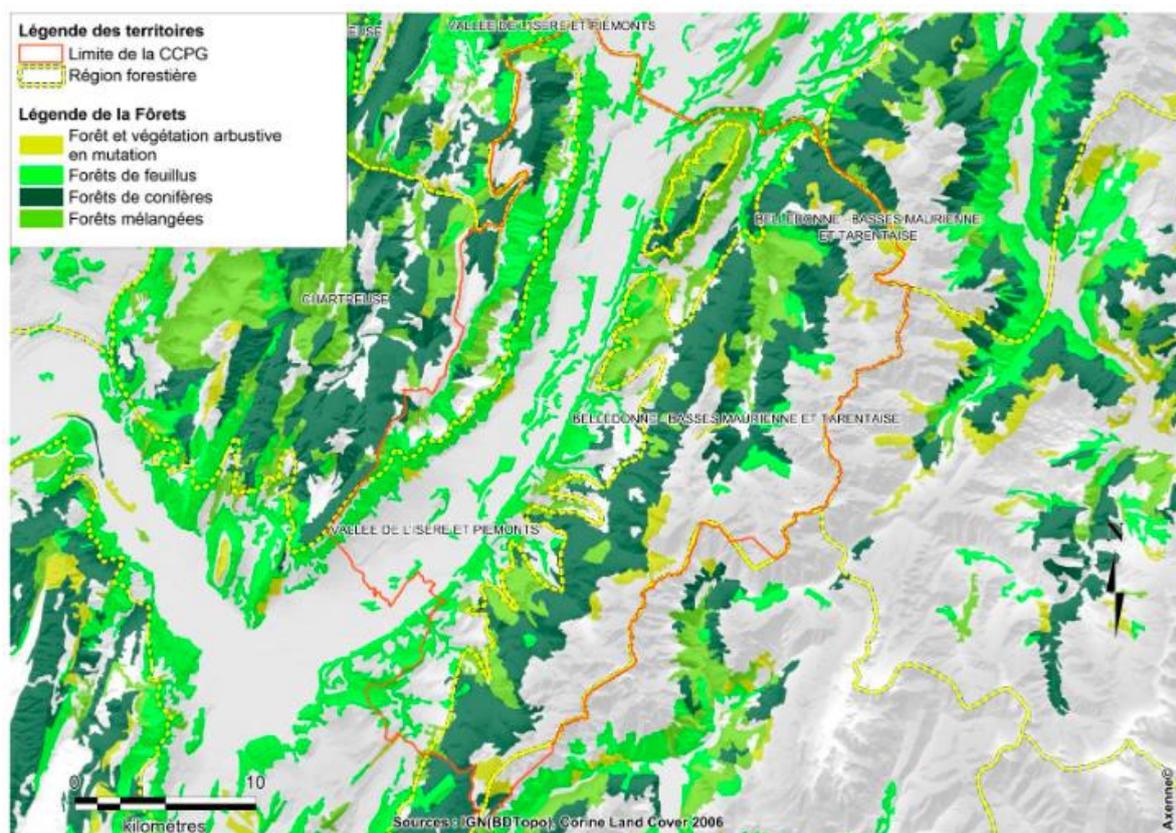


Figure 35 : Forêts sur le territoire du Grésivaudan

Au total, la forêt occupe 57% du territoire ; ce sont les forêts de conifères qui sont les plus représentées avec 14 691 ha.

Occupation du sol spécifique	Hectares	% de la surface totale
Forêt de feuillus	11 665	19,85
Forêt de conifères	14 691	25
Peupleraies	326	0,55
Forêt mixte	7 091	12,07

Tableau 19 : Surfaces des différents types de forêts

En reprenant la méthode de l'étude de 2015 (basée sur l'extrapolation des territoires ayant un Plan d'Approvisionnement Territorial), et en actualisant les données Corine Land Cover, on considère qu'il y a **35 884 t/h30%.an** (tonnes/humidité 30%.an) de ressource disponible.

→ Conversion en kWh

Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) moyen du bois à 30% d'humidité est de 3 500 kWh/t³.

On en déduit que la ressource annuelle en bois du Grésivaudan s'élève à **125,6 GWh**.

→ Filière bois-énergie : particuliers

En ce qui concerne la filière bois-énergie chez les particuliers, les bâtiments cibles sont les **maisons individuelles**, existantes et neuves.

On distingue 2 technologies principales chez les particuliers :

- Les poêles et inserts performants ;
- Les chaudières automatiques individuelles.

Pour chaque technologie, des hypothèses sur les puissances des installations ont été formulées :

Puissance de l'installation (kW)	
Poêles et inserts performants	6
Chaudières automatiques individuelles	7

Tableau 20 : Hypothèses sur les puissances des installations bois-énergie dans les maisons individuelles

Le potentiel annuel productible par installation est donc le suivant :

Production annuelle (MWh/an)	
Poêles et inserts performants	11,3
Chaudières automatiques individuelles	22

Tableau 21 : Hypothèses sur la production annuelle des installations en maison individuelle

Il faut ensuite déterminer sur quelles maisons peuvent être installées ces technologies.

Pour les poêles et inserts performants, 2 cas sont distingués :

- Les maisons déjà équipées de foyers non-performants (ex : foyers ouverts), soit 15 884 bâtiments ;
- Les maisons ne possédant pas de foyers, soit 10 963 bâtiments.

Pour les maisons déjà équipées, on prend en compte 100% de la cible, car on considère qu'il n'y a pas de contrainte particulière, et que les équipements actuellement utilisés devront être renouvelés à terme.

Pour les maisons non-équipées, on considère seulement 30% de la cible, pour tenir compte des difficultés techniques et financières à installer des poêles dans des maisons ne possédant pas de conduit par exemple. On considérera donc l'installation de nouveaux poêles et inserts performants dans 3 289 maisons.

Concernant les chaudières automatiques individuelles, on prend en compte seulement les maisons de plus de 100 m² au sol, et chauffées au fioul ou au gaz, soit 7,5% de toutes les maisons individuelles du territoire (26 847). On considérera donc l'installation de chaudières automatiques dans 2 014 maisons.

³ Source : <http://grandest.appa.asso.fr/docs/1/Fichier/21-180503021348.pdf#page=99> , page 30

On peut donc calculer la production annuelle théorique de la filière bois-énergie chez les particuliers :

Production annuelle théorique (MWh/an)	
Poêles et inserts performants (remplacements)	179 489
Poêles et inserts performants (nouveaux)	37 164
Chaudières automatiques individuelles	44 308

Tableau 22 : Production annuelle de la filière bois-énergie sur les maisons individuelles existantes

On comptabilise également un gisement de potentiel sur les maisons neuves chaque année. Ainsi, on suppose qu'on équipe 287 nouvelles maisons en poêles et inserts performants par an. Ce potentiel additionnel permettrait la production de 1278 MWh/an (en supposant des installations de 3 kW).

En conclusion, on a le potentiel de production suivant pour la filière bois-énergie chez les particuliers :

Potentiel de production annuel (MWh/an)	
Bâtiments existants	260 961
Bâtiments neufs (par an)	1 278

Tableau 23 : Production annuelle de la filière bois-énergie sur les maisons individuelles neuves

On arrive donc à un potentiel productible de **260 961 MWh/an**, auxquels viennent s'ajouter **1 278 MWh** chaque année grâce à la construction de nouveaux bâtiments qui seraient équipés de poêles et inserts performants.

Note : le schéma de développement des ENR de 2016 propose également d'autres solutions techniques alternatives que sont les poêles bouilleurs et la micro-génération, mais ces potentiels ne sont pas comptabilisés car redondants avec les technologies déjà détaillées.

→ Filière bois-énergie : dans les bâtiments collectifs

Pour la filière bois-énergie dans les bâtiments collectifs, on distingue 2 technologies principales :

- Les chaudières automatiques ;
- Les réseaux de chaleur.

Pour chaque technologie, des types de bâtiments cibles ont été définis :

Technologie	Bâtiments cible
Chaudières automatiques	Logements collectifs existants
	Bâtiments industriels
Réseaux de chaleur	Groupements de bâtiments éligibles

Tableau 24 : Bâtiments collectifs cibles pour le développement de la filière bois-énergie

Pour chaque cible et technologie, des hypothèses sur les puissances des installations ont été formulées :

Technologie	Bâtiments cible	Puissance de l'installation (kW)
Chaudières automatiques	Logements collectifs existants	32 ⁴
	Bâtiments industriels	500
Réseaux de chaleur	Groupements de bâtiments éligibles	500

Tableau 25 : Hypothèses sur les puissances des installations dans les bâtiments collectifs

En supposant qu'une chaudière de bâtiment industriel et qu'un réseau de chaleur fonctionnent 4 000⁵ heures par an, on peut calculer la production annuelle par typologie de bâtiment :

Technologie	Bâtiments cible	Production annuelle théorique (MWh)
Chaudières automatiques	Logements collectifs existants	130 ⁶
	Bâtiments industriels	2 000
Réseaux de chaleur	Groupements de bâtiments éligibles	2 000

Tableau 26 : Hypothèses sur les puissances des installations bois-énergie dans les bâtiments collectifs

On détermine ensuite les bâtiments sur lesquels on considère pouvoir déployer ces technologies :

- Pour les logements collectifs, on suppose qu'on peut installer des chaudières automatiques dans les bâtiments chauffés au gaz ou au fuel, soit 13% de la cible. On applique également un coefficient de 0,5 relatif aux contraintes techniques (accessibilité, silo, implantation de la chaudière). On prend donc en compte 6,5% du nombre total de logements collectifs sur le territoire du Grésivaudan, soit 68 bâtiments ;
- Pour les bâtiments industriels, on suppose qu'on peut installer des chaudières automatiques dans les bâtiments pour lesquels le temps de retour sur investissement serait inférieur à 2 ans, soit 11 bâtiments ;
- On suppose pouvoir développer 9 réseaux de chaleur au bois sur le territoire.

On peut ainsi calculer la production annuelle théorique de la filière bois-énergie dans les bâtiments collectifs sur le territoire du Grésivaudan :

Technologie	Bâtiments cible	Production annuelle théorique (MWh)
Chaudières automatiques	Logements collectifs existants	8 840
	Bâtiments industriels	22 000
Réseaux de chaleur	Groupements de bâtiments éligibles	18 000

Tableau 27 : Hypothèses sur la production annuelle des installations dans les bâtiments collectifs

⁴ Dans le rapport de 2016, on trouve la valeur de 4 kW, ce qui n'est pas cohérent avec les autres hypothèses formulées (puissance inférieure à celle des chaudières de maisons individuelles), et les résultats trouvés par la suite. Nous avons donc choisi d'afficher une valeur plus cohérente avec le résultat.

⁵ De même, 2200h dans le rapport d'Axenne mais incohérent avec le résultat final, donc valeur modifiée, en prenant le même nombre d'heures de fonctionnement qu'un réseau de chaleur.

⁶ De même que précédemment, on trouve 14 MWh dans le rapport d'Axenne mais incohérent avec la valeur finale.

Dans l'étude, des potentiels d'installation de chaudières dans les secteurs tertiaires et agricoles sont également considérés, mais ces potentiels sont bien plus faibles que ceux précédemment détaillés qui couvrent **91%** du potentiel total en bois énergie pour le secteur collectif.

En conclusion, le potentiel de production est le suivant pour la filière bois-énergie dans les bâtiments collectifs :

Potentiel de production annuel (MWh/an)	
Bâtiments existants	53 087
Bâtiments neufs (par an)	272

Tableau 28 : Production annuelle de la filière bois-énergie sur les maisons individuelles neuves

On arrive donc à un potentiel productible de **53 087 MWh/an**, auxquels viennent s'ajouter **272 MWh** chaque année grâce à la construction de nouveaux bâtiments qui seraient équipés de systèmes au bois performants.

→ **Comparaison de la ressource du territoire et du potentiel d'utilisation**

Si on additionne les potentiels d'utilisation de la ressource bois-énergie dans les bâtiments individuels et collectifs et dans les réseaux de chaleur, on trouve **314 GWh/an**.

Or, on a vu précédemment que la ressource du territoire est de **125,6 GWh** par an. La seule ressource territoriale du Grésivaudan est donc suffisante pour couvrir **140%** du potentiel d'utilisation.

4.2. Méthanisation/ biogaz

Une étude sur les gisements de déchets méthanisables par territoire a été menée en 2013 par la Chambre d'Agriculture et le Conseil Général de l'Isère.

Les résultats concernant Le Grésivaudan sont les suivants :

	Déchets organiques	Déchets verts	Huile	DIAA*	Fumier/Lisier	Total
Quantité (tonnes)	1665	11 181	117	374	30 658	43 995

*DIAA = Déchets de l'industrie agroalimentaire

Tableau 29 : Quantités de déchets méthanisables sur le territoire

A noter que ce potentiel ne pourra pas être mobilisé à 100% puisque certains déchets ne peuvent pas être valorisés seuls (par exemple, les pailles et menues de paille doivent être mélangés avec un substrat liquide tel que les lisiers, afin d'obtenir un mélange suffisamment liquide).

Les boues des stations d'épuration peuvent également constituer un déchet méthanisable, mais sur le territoire du Grésivaudan elles sont déjà entièrement valorisées en compostage ou en épandage.

Afin d'estimer la production de chaleur et d'électricité possibles grâce à la méthanisation (on suppose le cas d'une cogénération), le processus a été le suivant :

- Estimation du gisement mobilisable (en tonnes de matière brute) par rapport au gisement total par ressource, en tenant compte des autres usages de chacun ;
- Calcul du gisement mobilisable en tonnes de matière organique (en appliquant un ratio par rapport aux tonnes de matière brute selon la ressource considérée) ;
- Calcul de la quantité de méthane théoriquement productible par les quantités de matière organique de chaque type ;
- Calcul de la quantité d'énergie primaire correspondant au méthane produit et conversion en énergie finale en chaleur et en électricité (cogénération).

Les résultats sont les suivants :

Type de ressource	Production d'électricité (MWh/an)	Production de chaleur (MWh/an)
Déchets organiques	600	700
Déchets verts	3 400	3 800
Huile	300	400
DIAA	2	2
Fumier/Lisier	3 100	3 400
Résidus de cultures	2 900	3 200
TOTAL	10 300	11 500

Tableau 30 : Potentiels de production d'énergie thermique et électrique par méthanisation

Note : Aux déchets proposés par l'étude de la Chambre d'Agriculture et du Conseil Général, ont été ajoutés les résidus de cultures (pailles de céréales et d'oléagineux).

La production annuelle potentielle totale grâce à la méthanisation est de **21 800 MWh** répartie entre l'électricité et la chaleur. Cette production pourrait également être directement injectée dans les réseaux de gaz, pour peu que les unités de méthanisation soient positionnées à proximité.

5. LA GEOTHERMIE

5.1. Le potentiel géothermique

La communauté de commune du Grésivaudan a un fort potentiel géothermique. On distingue la géothermie sur nappe et la géothermie sur sonde verticale. Comme on peut le voir sur la carte suivante, la géothermie sur sonde verticale est particulièrement favorable sur le territoire :

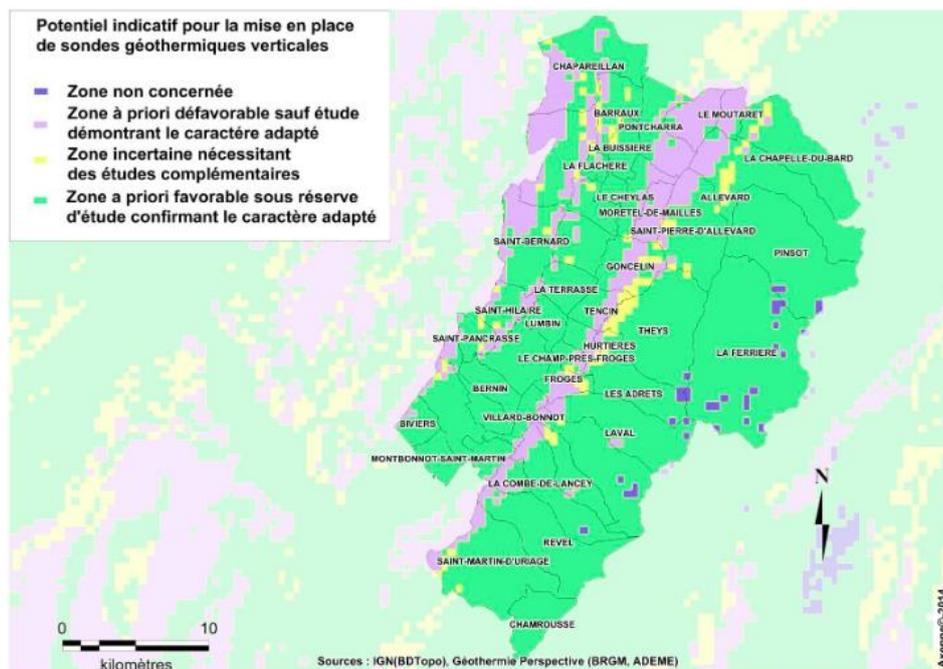


Figure 36 : Ressource géothermique pour des sondes verticales
Source : BRGM-ADEME, IGN BDTopo

La géothermie sur nappe, quant à elle, l'est moins même si le potentiel reste non négligeable le long de l'Isère :

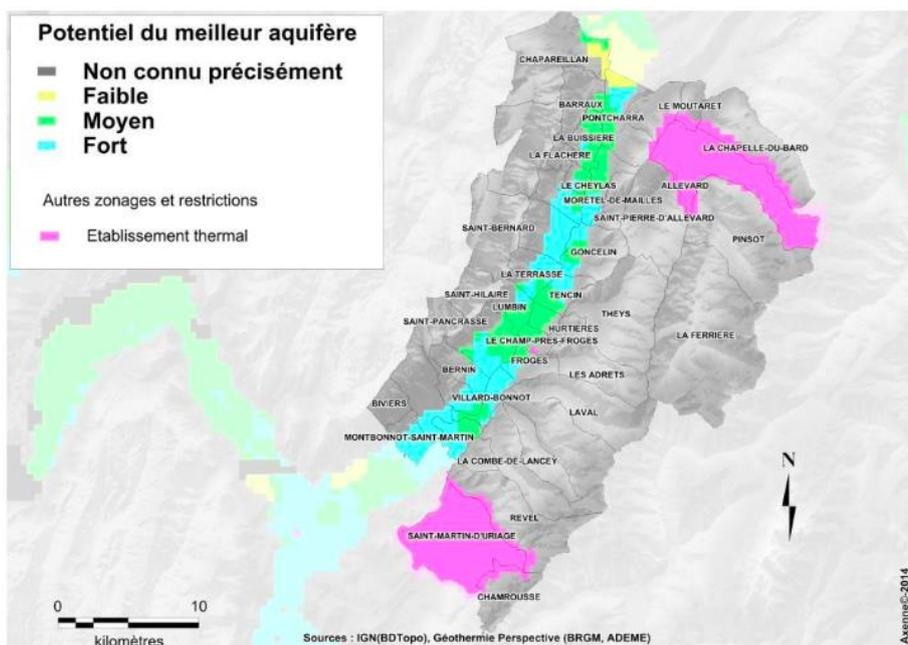


Figure 37 : Croisement du positionnement des bâtiments avec la ressource géothermique de la nappe superficielle
Source : BRGM-ADEME et IGN BDTopo

5.2. Les contraintes

Néanmoins, il existe certaines contraintes au développement de la géothermie ; elles ne constituent généralement pas une interdiction formelle de la réalisation de forages, mais nécessitent des précautions particulières. Elles sont en partie représentées sur la carte ci-dessous dans le cas du Grésivaudan :

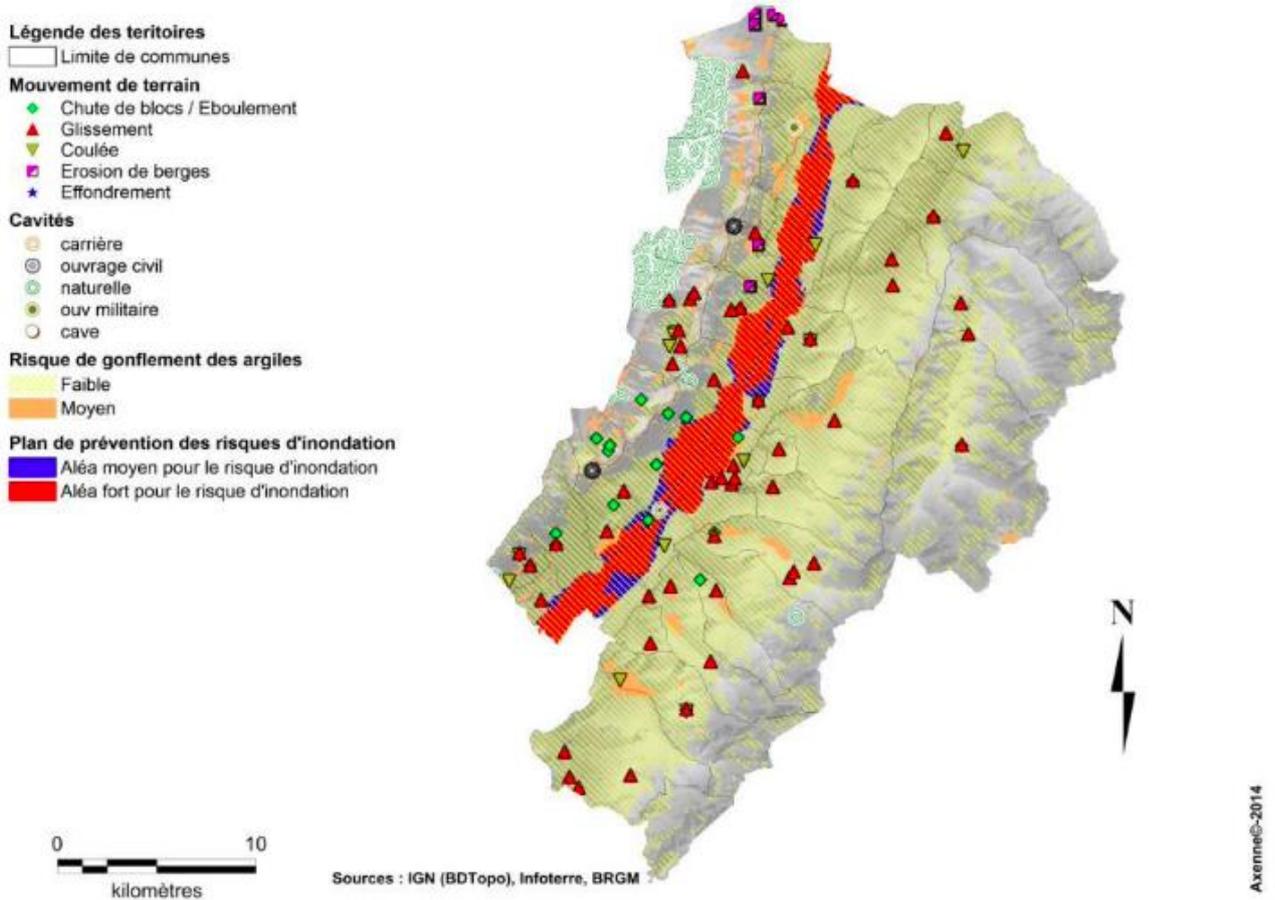


Figure 38 : Carte des zones inondables et des zones de vulnérabilité

5.3. La géothermie sur sondes verticales

A partir des potentiels de géothermie sur sonde verticale et en prenant en considération les risques (seules les zones à risque concernant le gonflement des argiles ont été conservées), les surfaces de bâtiments situées en zones favorables pour le développement de la géothermie sur sondes verticales ont été déterminés par typologie :

Typologie de bâtiment	Surface favorable (m ²)	% de la surface totale de la typologie
Maison	3 898 453	86%
Immeuble	1 392 847	82%
Bâtiment industriel	1 006 106	90%
Bâtiment commercial	45 491	99%
Bâtiment sportif & tribune	44 072	90%
Bâtiment agricole	45 719	92%
TOTAL	6 432 688	•

Tableau 31 : Surfaces favorables au développement de la géothermie sur sondes verticales

Les cibles privilégiées pour la géothermie sur sondes verticales sont les **maisons individuelles** existantes (hors celles chauffées au bois) et les **bâtiments industriels** existants (en particulier les industries alimentaires et de boissons). Pour chaque typologie de bâtiment cible, des hypothèses ont été formulées quant à l'énergie annuelle productible. Ainsi :

Typologie de bâtiment	Production annuelle estimée (MWh/an)
Maisons individuelles	28
Bâtiment industriel	500 ⁷

Tableau 32 : Hypothèse sur la production annuelle par la géothermie sur sonde selon la typologie de bâtiment considérée

On applique ensuite cette production annuelle au nombre de bâtiments favorables à la géothermie de chaque type. A savoir :

- 86% des maisons individuelles non chauffées au bois ; on applique également un coefficient correctif de 0,7 afin de tenir compte des contraintes techniques liées aux installations géothermiques (forage etc.). On prend finalement en compte 60% de la cible, soit 4 109 bâtiments ;
- 90% des bâtiments industriels existants ; soit 45 bâtiments en considérant qu'ils ont une surface de 20 000 m²⁸ en moyenne.

⁷ Hypothèse qui n'est pas clairement définie dans le rapport d'Axenne, mais déduite d'après les autres chiffres

⁸ De même, valeur déduite d'après les autres chiffres affichés dans le rapport.

On peut donc calculer la production annuelle théorique par la géothermie sur sondes :

Typologie de bâtiment	Production annuelle estimée (MWh/an)
Maisons individuelles	115 052
Bâtiment industriel	22 500

Tableau 33 : Récapitulatif des potentiels de géothermie sur sondes verticales du territoire

5.4. La géothermie sur nappe

A partir des potentiels de géothermie sur nappe et en prenant en considération les risques (seules les zones à risque concernant le gonflement des argiles ont été conservées), les surfaces de bâtiments situées en zones favorables pour le développement de la géothermie sur nappe ont été déterminés par typologie :

Typologie de bâtiment	Surface favorable (m ²)	% de la surface totale de la typologie
Maison	811 600	18%
Immeuble	363 870	21%
Bâtiment industriel	549 011	49%
Bâtiment commercial	26 290	57%
Bâtiment sportif & tribune	25 882	53%
Bâtiment agricole	10 173	20%
TOTAL	1 786 826	-

Tableau 34: Surfaces favorables au développement de la géothermie sur nappe

La cible privilégiée pour la géothermie sur nappe sont les **bâtiments industriels** existants. De même que pour la géothermie sur sondes verticales, on fait l'hypothèse qu'une installation géothermique dans un bâtiment industriel peut produire **500 MWh/an**.

Dans ce cas, on retient seulement 49% des bâtiments industriels du territoire, puisque la géothermie sur nappe n'est favorable que le long de l'Isère. En considérant des bâtiments de 20 000 m² en moyenne, on peut donc développer la géothermie sur nappe dans 26 bâtiments du territoire.

On a donc le potentiel de production annuel en géothermie sur nappe :

Typologie de bâtiment	Production annuelle estimée (MWh/an)
Bâtiment industriel	13 000

Tableau 35 : Récapitulatif des potentiels de géothermie sur nappe du territoire

5.5. Synthèse géothermie

Nous avons détaillé le potentiel de géothermie sur sondes verticales dans les maisons individuelles et dans les bâtiments industriels et le potentiel de géothermie sur nappe dans les bâtiments industriels. L'ensemble de ces potentiels couvre **91%** du potentiel géothermique du Grésivaudan. Néanmoins, le schéma de développement des ENR de 2016 considère également le développement de la géothermie dans les immeubles de logements, dans les bâtiments tertiaires et dans les réseaux de chaleur. Il a également été considéré un potentiel de développement dans les immeubles de logement et les bâtiments tertiaires neuf.

En conclusion la quantité de chaleur renouvelable annuelle productible via la géothermie est la suivante :

Potentiel de production annuel (MWh/an)	
Dans l'existant	167 423
Sur le neuf (par an)	1 400

Tableau 36 : Récapitulatif du potentiel géothermique sur le territoire

Le potentiel productible annuel est de **167 423 MWh**, auxquels viennent s'ajouter **1 400 MWh** chaque année grâce à la construction de nouveaux bâtiments qui seraient équipés d'installations géothermiques.

Le potentiel géothermique est donc très intéressant sur la Communauté de Communes le Grésivaudan.

6. LE SOLAIRE

6.1. La ressource solaire sur le territoire

Le potentiel de développement de l'énergie solaire sur le territoire du Grésivaudan est tout d'abord déterminé par l'ensoleillement annuel reçu sur un plan horizontal ; il se situe **entre 1 100 kWh/m².an et 1 350 kWh/m².an.**

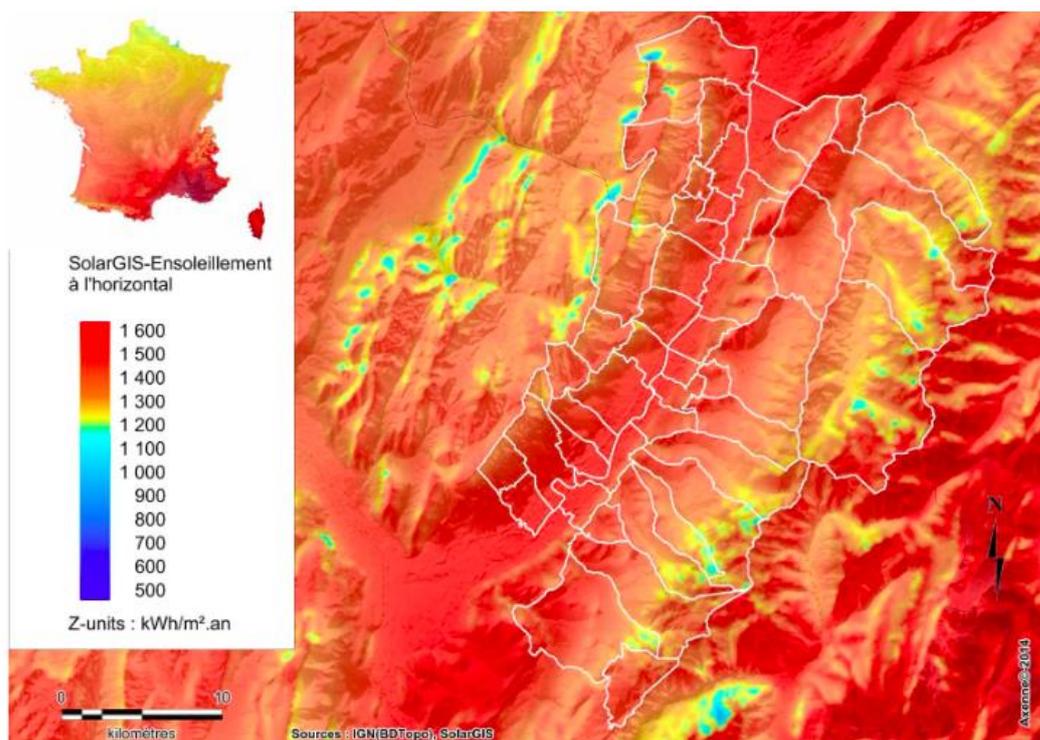


Figure 39 : Ensoleillement annuel reçu à l'horizontale exprimé en kWh/m².an
Source : Schéma de Développement des ENR (2016)

L'ensoleillement reçu par le Grésivaudan est **très bon**. Néanmoins, afin de déterminer si l'énergie solaire est intéressante sur le territoire, il faut étudier les contraintes qui s'appliquent.

6.2. Les contraintes

Ainsi, par la suite, les **contraintes patrimoniales** liées à l'implantation de panneaux photovoltaïques ou de collecteurs solaires ont été étudiées, afin de déterminer les zones où l'implantation de capteurs solaires serait difficile (mais néanmoins, pas impossible).

La carte ci-dessous présente les contraintes patrimoniales sur le territoire du Grésivaudan :

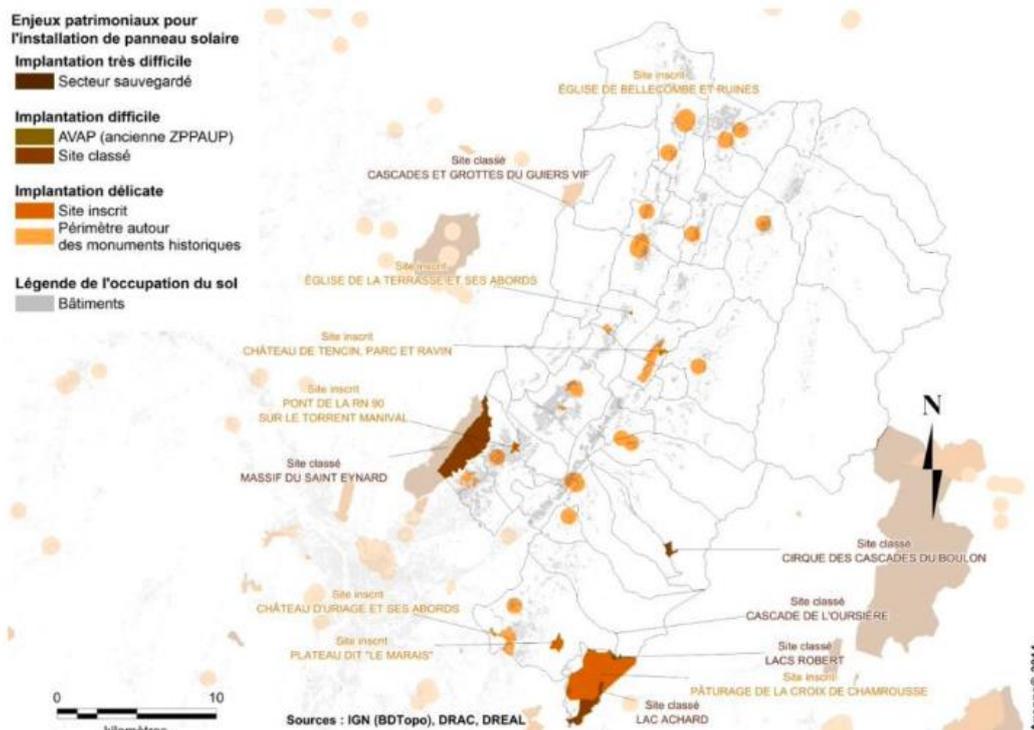


Figure 40 : Contraintes patrimoniales pour l'installation de panneaux solaires
Source : Étude d'Axenne

Une fois les surfaces de toutes les toitures contraintes retirées, il reste **86%** des toitures du territoire libres.

Puis l'orientation des toitures a été étudiée afin de ne conserver que **les surfaces les plus propices** à l'installation de capteurs solaires. En tenant compte à la fois des contraintes patrimoniales et d'orientation, on obtient les surfaces disponibles suivantes par typologie de bâtiments :

Typologie de bâtiment	Surface sans aucune contrainte (m ²)	% de la typologie
Maison	2 927 654	65%
Immeuble	1 051 436	62%
Bâtiment industriel	1 120 030	100%
Bâtiment commercial	45 980	100%
Bâtiment sportif et tribune	47 527	97%
Bâtiment agricole	28 956	58%
TOTAL	5 221 583	-

Tableau 37 : Surfaces favorables au développement de l'énergie solaire

Au total, **5 221 583 m²** de toitures sont théoriquement propices à l'implantation de capteurs solaires (PV ou thermiques).

Note : Ce potentiel ne tient, par définition, pas compte des toitures déjà équipées.

6.3. Le solaire thermique

On distingue 2 technologies pour l'énergie solaire thermique :

- Les **chauffe-eau solaires** (individuels et collectifs) ; qui ne permettent que le chauffage de l'eau chaude sanitaire
- Les **systèmes solaires combinés** ; qui concernent le chauffage du bâtiment et de l'eau chaude sanitaire.

Selon les technologies considérées, la cible sera donc différente. Les principales cibles sont :

Technologie	Bâtiments cible
Chauffe-eau solaire	Maisons individuelles existantes (<i>sauf celles raccordées au réseau de chaleur</i>) et neuves
	Logements collectifs existants et neuf
	Bâtiments tertiaires (ex : hôtels, maisons de retraite, hôpitaux, crèches...)
	Équipements sportifs, de culture et loisir
Système solaire combiné	Maisons individuelles existantes (<i>chauffées au gaz propane ou au fioul</i>)

Tableau 38 : Bâtiments cibles pour le développement de l'énergie solaire thermique

Pour chaque type de bâtiment cible, des surfaces moyennes de collecteurs installés ont été définies :

Technologie	Bâtiments cible	Surface de collecteurs (m ²)
Chauffe-eau solaire	Maisons individuelles	5
	Logements collectifs	15
	Bâtiments tertiaires (ex : hôtels, maisons de retraite, hôpitaux, crèches...)	40
	Équipements sportifs, de culture et loisir	40
Système solaire combiné	Maisons individuelles	14

Tableau 39 : Hypothèses sur les surfaces de collecteurs par technologie et typologie de bâtiments

Ces hypothèses permettent de calculer une production théorique des collecteurs en supposant que :

- Un chauffe-eau solaire individuel produit 300 kWh par m² de collecteur chaque année ;
- Un chauffe-eau solaire dans un logement collectif produit 470 kWh par m² de collecteur chaque année ;
- Un chauffe-eau solaire dans un bâtiment tertiaire produit 470 kWh par m² de collecteur chaque année
- Un système solaire combiné produit 400 kWh par m² de collecteur chaque année.

Ainsi, on a :

Technologie	Bâtiments cible	Production annuelle théorique (kWh/an)
Chauffe-eau solaire	Maisons individuelles	1 500
	Logements collectifs	7 050
	Bâtiments tertiaires (ex : hôtels, maisons de retraite, hôpitaux, crèches...)	18 800
	Équipements sportifs, de culture et loisir	18 800
Système solaire combiné	Maisons individuelles	5 600

Tableau 40 : Hypothèses sur la production d'énergie annuelle par les technologies solaires thermiques par typologie de bâtiments

Afin de déterminer la production potentielle totale par les capteurs solaires thermiques, il faut appliquer ces productions théoriques aux bâtiments cibles.

En reprenant les résultats de l'étude de contraintes présentée précédemment, on suppose qu'on équipe en chauffe-eaux solaires :

- 65% des maisons individuelles existantes (soit 17 447 bâtiments),
- 62% des logements collectifs existants (soit 145 bâtiments),
- 62% des bâtiments tertiaires et 97% des équipements sportifs et de loisir (soit 423 bâtiments).

D'autre part, on équipe en systèmes solaires combinés 65% des maisons individuelles chauffées au fioul ou au propane (soit 4 362 bâtiments).

Pour les bâtiments existants, on a donc :

Technologie	Bâtiments cible	Production annuelle théorique (MWh/an)
Chauffe-eau solaire	Maisons individuelles	26 049
	Logements collectifs	1 022
	Bâtiments tertiaires et de loisir	7 952
Système solaire combiné	Maisons individuelle	24 425

Tableau 41 : Hypothèses sur la production d'énergie annuelle par les technologies solaires thermiques sur l'ensemble des bâtiments existants

Ces résultats supposent que tous les remplacements ont été effectués en même temps. En réalité, les remplacements de chaudières ou de systèmes de chauffage se feraient **progressivement**, et ces gains apparaîtraient une fois tous les systèmes remplacés.

D'autre part, un gisement de potentiel existe sur les **nouveaux bâtiments** en construction, ou qui seront construits dans les années futures. Ainsi, il a été considéré que :

- 186 nouvelles maisons individuelles pourraient être équipées en chauffe-eau solaires individuels chaque année ;
- 43 nouveaux logements collectifs pourraient être équipés en chauffe-eau solaires collectifs chaque année.
- 4 nouveaux bâtiments tertiaires pourraient être équipés en chauffe-eaux solaires chaque année.

Le potentiel de développement annuel de l'énergie solaire thermique est donc :

Technologie	Bâtiments cible	Production annuelle théorique (MWh/an)
Chauffe-eau solaire	Maisons individuelles	279
	Logements collectifs	303
	Bâtiments tertiaires	75

Tableau 42 : Hypothèses sur la production d'énergie annuelle par les technologies solaires thermiques sur les bâtiments neufs

Les potentiels de production des chauffe-eaux solaires dans les maisons individuelles, les logements collectifs et les bâtiments tertiaires ainsi que des systèmes solaires combinés en maisons individuelles couvrent 96% du potentiel productible solaire thermique dans le Grésivaudan.

En plus des hypothèses précédemment formulées et détaillées, a aussi été considéré l'usage de collecteurs solaires dans le domaine agricole, pour le chauffage de l'eau des piscines et pour la haute température dans l'industrie ; mais ces potentiels sont bien plus faibles et il est inutile de les détailler.

En conclusion, on arrive donc au potentiel de production suivant pour l'énergie solaire thermique (en considérant toutes les technologies) :

Potentiel de production annuel (MWh/an)	
Dans l'existant	62 784
Sur le neuf (par an)	912

Tableau 43 : Récapitulatif du potentiel de production d'énergie par les technologies solaires thermiques

Le potentiel productible annuel est de **62 784 MWh**, auxquels viennent s'ajouter **912 MWh** chaque année grâce à la construction de nouveaux bâtiments qui seraient équipés de systèmes de récupération de chaleur solaire.

Ce potentiel est un potentiel maximal théorique, et suppose donc que toutes les toitures sans contraintes, seront équipées de capteurs solaires thermiques.

6.4. Le photovoltaïque

En ce qui concerne l'installation de panneaux photovoltaïques sur le territoire du Grésivaudan, les principales cibles sont :

- Les maisons individuelles (existantes et neuves) ;
- Les logements collectifs et bâtiments tertiaires (existantes et neuf) ;
- Les grandes toitures existantes et neuves (ex : bâtiments industriels et commerciaux).

Selon les cibles considérées, on fait des hypothèses sur la puissance de panneaux installés par mètre carré de toiture disponible :

Cibles	Puissance installée (kWc/m ²)
Logements collectifs et bâtiments tertiaires	0,2
Grandes toitures	0,21

Tableau 44 : Hypothèses sur les puissances installées par typologie de bâtiment

Pour les maisons individuelles, on suppose qu'on peut installer 2,7 kWc par maison.

Ensuite, on estime une production annuelle des panneaux par puissance crête installée :

Cibles	Production annuelle d'énergie par kWc installé (en MWh)
Maisons individuelles	1,1
Logements collectifs et bâtiments tertiaires	1,2
Grandes toitures	1

Tableau 45 : Hypothèse sur la production d'énergie annuelle du photovoltaïque par kWc installé

On peut ainsi déterminer la production annuelle moyenne par cible unitaire :

Cibles	Production annuelle (en MWh/unité)
Maisons individuelles	2,97 MWh/maison
Logements collectifs et bâtiments tertiaires	0,24 MWh/m ²
Grandes toitures	0,21 MWh/m ²

Tableau 46 : Hypothèse sur la production d'énergie annuelle du photovoltaïque par typologie de bâtiment

De même que pour les collecteurs solaires thermiques, on applique ces productions annuelles aux bâtiments en capacité d'être équipés en panneaux photovoltaïques. Pour les bâtiments collectifs, on tient compte du fait que des éléments sur les toits limitent la surface sur laquelle il est possible d'installer des panneaux photovoltaïques (ex : conduits de ventilation, cages d'ascenseur, cheminées, velux, etc.). Ainsi, on considère qu'on ne peut installer des panneaux que sur 40% de la surface de toiture des bâtiments collectifs. On suppose que des panneaux photovoltaïques sont installés sur :

- 65% des maisons individuelles existantes (soit 17 380 bâtiments) ;
- 62% des logements collectifs et bâtiments tertiaires (soit 420 574 m²) ;
- 100% des grandes toitures (soit 545 387 m²).

Pour les bâtiments existants on a donc :

Cibles	Production annuelle théorique (en MWh)
Maisons individuelles	51 618
Logements collectifs et bâtiments tertiaires	100 937
Grandes toitures	114 531

Tableau 47 : Potentiels de développement du photovoltaïque sur les bâtiments existants

D'autre part, un gisement de potentiel existe sur les bâtiments en construction, ou ceux qui seront construits prochainement. Ainsi, on suppose que :

- 186 nouvelles maisons peuvent être équipées en panneaux photovoltaïques chaque année ;
- 34 nouveaux immeubles collectifs et bâtiments tertiaires peuvent être équipés en panneaux photovoltaïques chaque année (soit 3 462 m² de toiture disponible supplémentaires) ;
- 2 nouvelles grandes toitures peuvent être équipées en panneaux photovoltaïques chaque année (soit 4952 m² de toiture disponible supplémentaires).

Le potentiel de développement annuel de l'énergie solaire photovoltaïque est donc :

Cibles	Production annuelle théorique (en MWh)
Maisons individuelles	552
Logements collectifs et bâtiments tertiaires	831
Grandes toitures	10 400

Tableau 48 : Potentiels de développement du photovoltaïque sur les nouveaux bâtiments

Les potentiels de production photovoltaïque des maisons individuelles, logements collectifs et bâtiments tertiaires ainsi que celui des grandes toitures constituent 96% du potentiel solaire photovoltaïque du Grésivaudan.

En plus des hypothèses précédentes, l'étude considère l'installation de panneaux photovoltaïques sur les installations de loisir et de culture et sur des ombrières de parking, mais ces potentiels sont très faibles devant ceux précédemment étudiés ; nous n'allons donc pas les détailler.

Afin d'estimer le potentiel de production, des hypothèses ont été formulées concernant les technologies dont seraient équipés les différents bâtiments. En combinant ces hypothèses avec les surfaces non-contraignées par type de bâtiment, les résultats sont les suivants :

Potentiel de production annuel (MWh/an)	
Dans l'existant	275 176
Sur le neuf (par an)	2 533

Tableau 49 : Récapitulatif du potentiel photovoltaïque

On arrive donc à un potentiel productible de **275 176 MWh/an**, auxquels viennent s'ajouter 2 533 MWh chaque année grâce à la construction de nouveaux bâtiments qui seraient équipés de panneaux photovoltaïques.

Note : les potentiels photovoltaïque et solaire thermique ne sont pas cumulables.

7. LA CHALEUR FATALE

La valorisation de la chaleur fatale consiste en la valorisation de la chaleur produite par des machines ou des procédés industriels et qui est de l'énergie perdue. La valorisation de la chaleur fatale peut se faire au sein de l'usine où se trouve la source de chaleur, ou encore à l'extérieur via des réseaux de chaleur si la source de chaleur est suffisamment importante et donc intéressante pour cela.

7.1. Valorisation externe de la chaleur fatale

Sur le territoire du Grésivaudan, 3 entreprises principales ont été identifiées comme disposant de suffisamment de chaleur fatale pour pouvoir la valoriser à l'extérieur du site. Ces entreprises sont :

- **Winoa**, au Cheylas
- **La Fonderie Giroud**, à Barraux
- **Ahlstrom**, à Brignoud et Le-Champ-Près-Frogès

Le potentiel de valorisation externe de la chaleur fatale de ces 3 entreprises **n'a pas été estimé**. Une étude plus approfondie serait nécessaire afin de déterminer l'énergie qui pourrait être valorisée.

7.2. Valorisation interne de la chaleur fatale

D'autre part, une dizaine d'autres entreprises pourraient valoriser leur chaleur fatale (compresseurs, groupes froids, fours, séchoirs et chaudières) en interne.

Le potentiel de valorisation en interne a été estimé **de manière grossière**, sur la base d'une étude réalisée par l'ADEME.

Potentiel de production annuel (MWh/an)	
Compresseurs	1 080
Groupes froid	340 000
Fours	2 700
Séchoirs	240
Chaudières	80
TOTAL	344 100

Tableau 50 : Potentiels de valorisation de la chaleur fatale en industrie

Cette récupération de chaleur fatale en interne aux sites est soumise à un de nombreuses contraintes techniques (selon la typologie et la topographie des sites), économiques (rentabilité de la récupération de chaleur localement), réglementaires, mais aussi à un manque de connaissances et à des réticences.

Il s'agit donc d'une estimation d'un potentiel virtuel, très incertain.

8. L'ÉOLIEN

L'étude menée dans le cadre du Schéma Régional Éolien a montré qu'aucune commune du Grésivaudan n'est située en zone favorable pour le développement de grandes éoliennes.

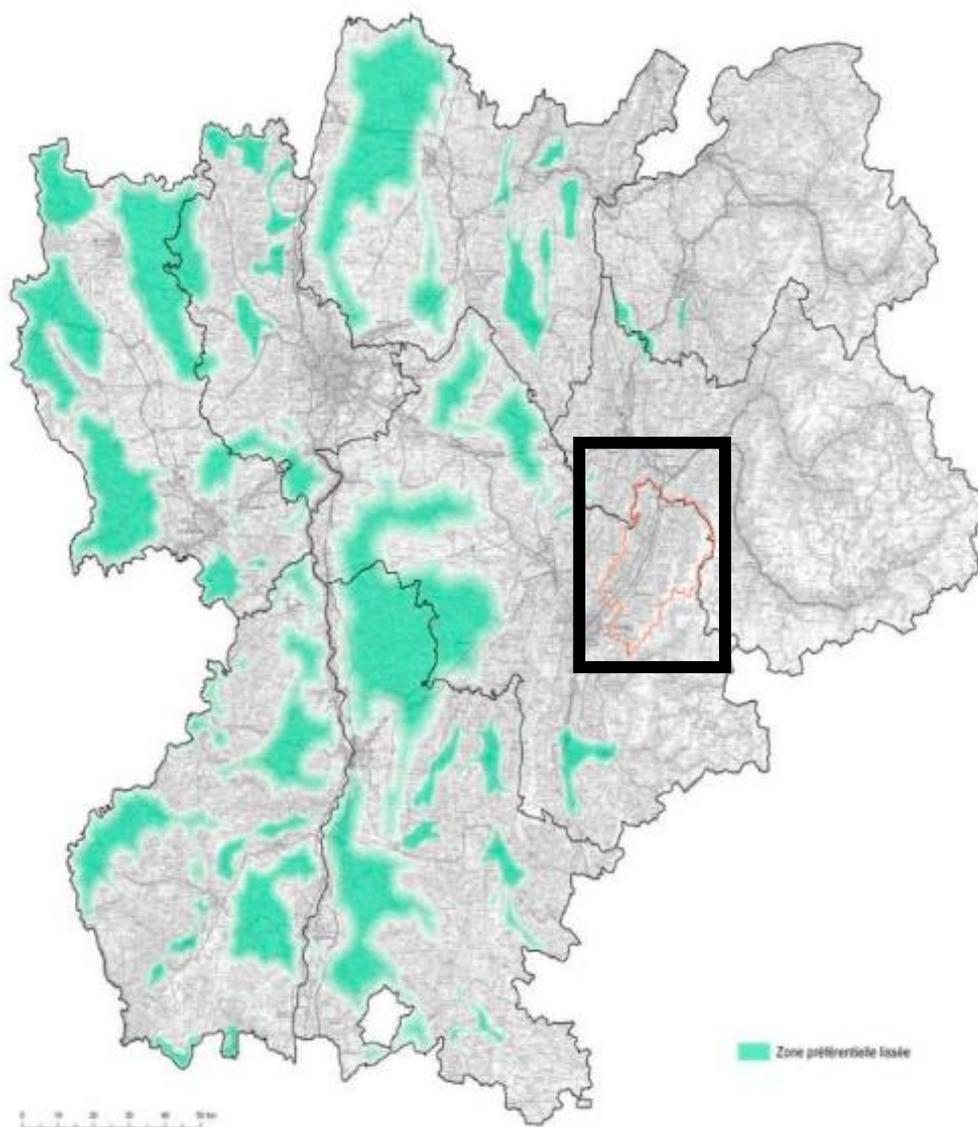


Figure 41 : Carte du potentiel éolien en Rhône-Alpes

Concernant le petit éolien, les études sont à réaliser au cas par cas, mais le potentiel de développement reste important, bien que soumis à de nombreuses contraintes économiques et techniques, ainsi qu'à une mise en œuvre délicate.

L'étude a tout de même chiffré un potentiel de **517 MWh par an** sur le territoire du Grésivaudan, en supposant l'implantation de **47 petites éoliennes**. Encore un fois, rappelons que ce chiffre est une estimation qui doit être prise comme un ordre de grandeur, et non comme une limite absolue et non dépassable, ou comme un objectif fixe à atteindre.

9. AUTRES POTENTIELS

Pour les énergies suivantes, un potentiel a été chiffré dans le rapport d'Axenne, sans donner de détails sur la méthode utilisée.

9.1. La récupération de chaleur sur eaux usées et air vicié

Le potentiel de production d'énergie thermique par récupération de chaleur sur les eaux usées et l'air vicié est estimé à **223 655 MWh** par an sur le territoire.

9.2. La valorisation des déchets

Le potentiel de valorisation des déchets a été estimé à **35 500 MWh** de production électrique et **40 492 MWh** de production d'énergie thermique par an.

9.3. L'aérothermie

L'étude de 2016 a chiffré un potentiel de **636 794 MWh/an** sur 26 487 installations, ainsi qu'un développement annuel de **32 871 MWh** lié à l'installation de pompes à chaleur sur de nouveaux bâtiments.

Cependant l'aérothermie n'est pas l'énergie la plus favorable sur le territoire du Grésivaudan.

En effet, des études menées dans le cadre du PACTE⁹ présentent l'évolution du Coefficient de Performance [COP] de pompes à chaleur air/eau selon la température. Avec des COP constructeurs annoncés de 3,4 à 4 on obtient les courbes suivantes.

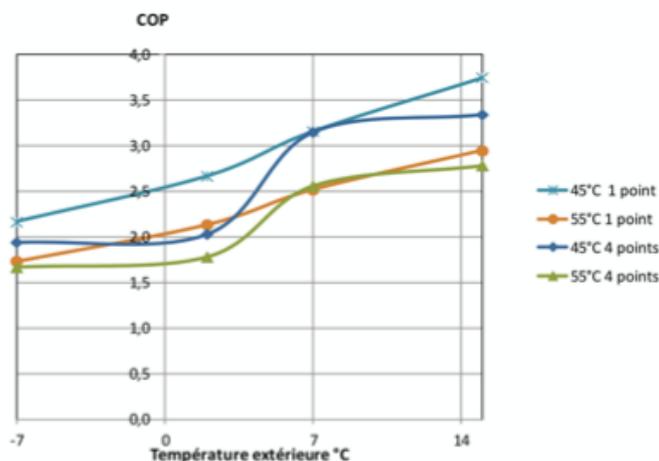


Figure 42 : Comparaison des COP à pleine charge

On observe une dégradation forte des performances lorsque la température devient négative, avec des COP souvent inférieures à 2. Plus il fait froid, moins la pompe à chaleur est efficace. Or dans les régions alpines, les températures sont régulièrement négatives, ce qui remet fortement en question l'intérêt des pompes à chaleur comme source d'énergie renouvelable, même si on peut souligner qu'une PAC sera toujours plus favorable qu'un radiateur électrique.

⁹ programme d'action pour la qualité de la construction et la transition énergétique
<https://www.programmepacte.fr>

10. CONCLUSION

10.1. Récapitulatif des potentiels

Les potentiels identifiés dans les paragraphes précédents sont donc les suivants.

Ressource	Potentiel annuel électrique (MWh/an)	Potentiel annuel chaleur (MWh/an)	Potentiel de développement annuel sur le neuf (MWh/an)	Production actuelle (MWh/an) Données 2018
Hydroélectricité	40 940	-	-	261 434
Bois-énergie		314 048	1 550	188 188
Méthanisation	10 300	11 500	-	0
Déchets	40 492	35 500	-	2 904
Géothermie	-	167 423	1 400	0
Aérothermie	-	636 794	32 871	41 144
Solaire photovoltaïque	275 176	-	2 533	10 162
Solaire thermique	-	62 784	912	3 996
Énergie fatale	-		-	0
Éolien	517		-	0

Tableau 51 : Tableau récapitulatif des potentiels

Compte tenu des éléments discutés dans le corps du rapport, nous proposons de retenir le tableau simplifié de potentiel suivant :

Ressource	Potentiel annuel (GWh/an)
Bois-énergie	314
Solaire photovoltaïque	275
Géothermie	167
Déchets	76
Solaire thermique	63
Hydroélectricité	41
Méthanisation	22
Énergie fatale	A affiner en concertation
Aérothermie	Peu pertinente
Petit Éolien	Expérimental aujourd'hui

Tableau 52 : Tableau récapitulatif simplifié des potentiels ENR

Ces potentiels ne sont pas cumulables, mais ils permettent de mettre en évidence les grands enjeux pour les ENR sur le territoire :

- Chaleur renouvelable dans les bâtiments, qu'elle soit géothermique ou biomasse ;
- Photovoltaïque pour la production d'électricité.

Les autres sources de production sont également intéressantes, même si leur potentiel est plus faible, et pourront être avantageusement développées pour compléter le mix local.

Pour rappel, et en gardant à l'esprit que les potentiels présentés ci-dessus ne peuvent être cumulés, la consommation actuelle du territoire était de 2 929 GWh en 2018, et la production d'énergie renouvelable (hors installations hydro-électriques > 4,5 MW) était de 434 GWh en 2018 (et 505 GWh en 2016, avant que la production de la centrale du Cheylas ne commence à baisser). Le territoire présente ainsi un réel potentiel de développement des énergies renouvelables.